تنمية الموارد المائية في الوطن العربي

مهندس استشاري

محمد أحمد خليل



تنمية الموارد المائية

فى الوطن العربى

مهنــدس استشــارى
محمد أحمد السيد خليل

رقــــم الإيـــداع: 2005/17858
الترقيـــم الدولـــى:6-561-287-977

دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع

50 شارع الشيخ ريحان – الدور الأول – شقة 12

عابدين – القاهرة ☎: 7954229

WWW.sbheg.com
e-mail:sbh@link.net



مقدمة:

أثر المياة فى حياة الانسان:

الماء هو عصب الحياة فهو أساس الحياة لكل الكائنات الحية (الإنسان ، والحيوان، والنبات) وصدق الله العظيم حيث يقول " وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ " وبدون الماء لا تستمر الحياة ولهذا فإن القاعدة منذ بدء الخليقة أنه اينما يعيش الإنسان يوجد مصدر للمياه، الماء هو أهم الموارد الطبيعية على كوكب الأرض فكمياته ثابتة وإن تغيرات بين العذب والمالح والسطحية والجوفية. تمثل المسطحات المائية 80 % من سطح الكرة الأرضية والتي تقدر بالميل المكعب . ففي البحار والمحيطات 317 مليون ميل مكعب والثلوج الجليدية 7.3 مليون ميل مكعب ، البحيرات المالحة 25 ألف ميل مكعب ، الأنهار 411 ألف ميل مكعب ، مياه البحيرات العذبة 130 إلف ميل مكعب ، المياه الجوفية مليون ميل مكعب والتربة الغير مشبعة 16 إلف ميل مكعب ، بخار الماء فى الجو 3.1 إلف ميل مكعب . وتمثل المياه نسبة 75% من وزن جسم الإنسان ، 80 % من وزن معظم النباتات. وفى نفس الوقت فأن المياه هي من مسببات 80 % من الأمراض فى العالم كله .

المياه تسير طبقا للظروف المناخية كمياه الأمطار (والسيول) والطبوغرافية كمياه الأنهار والهيدرولوجية كالمياه الجوفية وذلك خارج الحدود السياسية والإقليمية للتقسيمات الأرضية. الماء هو السائل الوحيد الذى يوجد فى الحالة السائلة والصلبة والغازية فى نفس الظروف البيئية . الماء يسمى المذيب العالمي نظرا لتفوقه وقدرته على إذابة معظم المواد عن أي مذيب أخر. الماء يحد من التغيرات الحادة فى حرارة الجو كما يحافظ الماء فى جسم الإنسان على درجة حرارة الجسم ، يمكن للماء الاحتفاظ بالحرارة وإطلاقها عن أي سائل أخر (عدا سائل النشادر) . الهواء الجوى يحتوى على 2 % إلى 4 % بالحجم من الماء طبقا لقربه من المسطحات المائية حيث تتغير تبعا لذلك درجة الحرارة وبخار الماء فى الهواء والذي هو مصدر سقوط الأمطار . بخار الماء يعكس كثيراً من الحرارة التي تنبعث من أشعة الشمس إلى الفضاء ويحتفظ بجزء أخر من الحرارة ويعيد انعكاسها على سطح الأرض مع

الاحتفاظ بجزء أخر فى الجو ، وهذه الظاهرة توفر غلاف دافئ حول سطح الأرض وذلك على عكس التغير اليومي الحاد الذى يحدث على سطح القمر حيث تتأرجح درجة الحرارة ما بين 173 °م إلى 1230 °م وبخار الماء فى الجو له وظائف أخرى وهى حجز الموجات القصيرة من الأشعة البنفسجية التي تنبعث من الشمس وتتلف شبكة العين وكذلك تصيب الجلد بمرض السرطان .

بخار الماء هو الغاز الوحيد الذى يتكثف فى درجة الحرارة العادية ولهذا يعتبر المصدر الوحيد لإنتاج الطاقة. عند تحول جرام واحد من البخار إلى الماء ثم إلى الثلج ينتج عنه 720 سعراً حراريا . وعند التحول العكسي من الثلج إلى البخار يمتص 720 سعراً حرارياً ولهذه الظاهرة تحدث حالة الإتزان فى درجة حرارة الأرض .

السعة التخزينية الحرارية للماء كبيرة حيث يلزم 100 سعر حرارى لتحويل جرام واحد من الماء إلى درجة حرارة الغليان (100 °م) ولكن لجعل الماء فى حالة غليان لإنتاج البخار يلزم 540 سعرا حرارياً وهذا يبين الطاقة التخزينية الكبيرة للبخار نظراً لاحتوائه على طاقة 5.4 ضعف طاقة الماء. الهواء المحمل ببخار الماء اخف وزناً من الهواء الجوى وذلك نظراً لان الوزن الجزيئى للماء هو 18 وللأكسجين 32 وللنيتروجين 28 ونظراً لانخفاض درجة الحرارة كلما بعدنا عن سطح الأرض (فى طبقة التروبوسفير والتي يصل سمكها حتى 12 كيلومتر من سطح الأرض) حيث الهواء المحمل ببخار الماء يصعد حتى يصل إلى درجة التجمد . والماء يتجدد طبيعياً بواسطة البخر وسقوط الأمطار. تصل أقصى كثافة للماء عند درجة حرارة 4 °م والتي هي اكبر من درجة تجمد الماء ، ولذلك فأن المسطحات المائية فى المناخ البارد تكون مغطاة بطبقة من الثلج الخالية من الأملاح وأسفلها مياه مالحه . تحدث زيادة فى حجم المياة عندما تتجمد ، ففى الاجواء الباردة تتأرجح درجة حرارة الجو حول درجة تجمد المياة فى أوقات كثيرة بما يجعل المياة فى الشقوق الصغيرة فى الصخور تتجمد والقوة الناتجة عند زيادة حجم الماء بعد تجمده تعمل على زيادة الشقوق وتدمر اكثر الصخور صلابة وتفتتها .

الماء مركب ايونى له شحنة موجبة لايون الهيدروجين (H^+) وشحنة سالبة لايون الايدروكسيد (OH^-) . الماء فى الطبيعة يحتوى على نسب متفاوتة من الاملاح المذابة والتى تحدد عذوبة المياة وملوحتها . الاملاح المذابة فى الماء وطبيعة تركيبه

الايونى يساعدا على نقل الشحنة الكهربية وهذه الخاصية هى المسببة لظاهرة التآكل (الصدأ) لمعظم المعادن المعرضة للمجال الرطب حيثما يتوافر الهواء الجوى أو الأكسجين المذاب فى الماء. الماء هو المصدر الرئيسي لإنتاج الطاقة النظيفة والاقتصادية ولذلك فقد استغلت مساقط المياه الطبيعية كما أنشئت المساقط الصناعية كالسدود لإنتاج الطاقة الكهربائية . تكلفة إنتاج الطاقة من سقوط المياه تعادل نصف تكلفتها باستخدام الوقود الحفري (الفحم أو الغاز أو زيت البترول) كما تعادل ثلث تكلفة الطاقة من المحطات النووية كذلك فإنه يستفاد من طاقة حركة الأمواج أو ارتفاع درجة الحرارة فى قاع البحار فى إنتاج الطاقة النظيفة .

المياه هي العامل الاساسى للزراعة وكذلك هي المصدر الوحيد للإرتواء بمياه الشرب للإنسان والحيوان والطيور . المياه وسيلة جيدة واقتصادية للنقل ، المياه تستخدم فى العمليات الصناعية المختلفة سواء لدخولها فى مكونات المنتج النهائي أو للإذابة أو لإتمام التفاعلات أو النظافة أو الإطفاء . كما تشمل الاستخدامات الأخرى للمياه عملية التسخين والتبريد . المياه فى المجارى السطحية تكون عذبة وملوحتها ما بين 200 إلى 1000 جزء فى المليون وهى الصالحة للشرب والزراعة . مياه البحار والمحيطات تتراوح ملوحتها ما بين 2000 إلى 50000 جزء فى المليون ، مياه البحيرات إما أن تكون عذبة أو مالحة أو خمضاء (Brakish) وهذه ذات ملوحة من 2000 إلى 10000 جزء فى المليون .

المياه الجوفية إما أن تكون عذبة أو خمضاء أو مالحة فالخزانات الجوفية المالحة تكون قريبة من شواطئ البحار وتتدرج فى الانخفاض فى التربة الحاملة للمياه تحت منسوب سطح البحر كلما بعدت عن الشاطئ ، وقد تصل المياه الجوفية المالحة إلى مسافات بعيدة جداً طبقا لنفاذية التربة ومعدل الانتقال للمياه وخاصة إذا كانت تعلوها طبقة صماء غير منفذة تحدد مسار الخزان الجوفي للماء وفى حالة عدم جود هذه الطبقة الصماء فقد تصل المياه الجوفية حتى مسافة 30 كيلومتر من شاطئ البحر . وكذلك بالنسبة للمياه الجوفية العذبة فى الخزانات الجوفية الساحلية ، فالقاعدة أن المياه الجوفية العذبة تعلو المياه المالحة الأكثر كثافة ويتدرج سمك الطبقة المالحة العذبة فى الانتقاص كلما قربنا من شاطئ البحر وبالتالي حيث يتدرج زيادة سمك الطبقة المالحة.

ملوحة المياه الجوفية قد لا تكون بسبب دخول مياه البحر فى الخزان الجوفي الساحلي، حيث تكون المياه مالحة بدرجات متفاوتة فى حالة وجودها فى التربة

المحتوية على الملح الصخري (كلوريد الصوديوم) والذي يذوب فى المياه الجوفية العذبة ويحولها إلى مياه مالحة أو خمضاء . وفى بعض أنواع التربة الحاملة توجد أملاح الحديد والمنجنيز المذابة فى المياه الجوفية وكذلك أملاح الكالسيوم والماغنسيوم ويرجع ذلك إلى تحلل المواد العضوية والغروية والكائنات الحية الدقيقة والملوثات العضوية عموماً التى تحملها المياه السطحية إثناء تسربها إلى جوف الأرض لتغذية الخزان الجوفي ونتيجة التحلل الاهوائى لتلك المواد العضوية فأنه يتم أنتاج مواد كيماوية بسيطة منها ثانى أكسيد الكربون الذى يذوب فى الماء مكونا حامض الكربونيك وهنا الحامض يمكنه إذابة أملاح الحديد والمنجنيز والكالسيوم والمغنسيوم والتى تكون فى شكل مركب الكربونات الغير مذاب وتحولها إلى مركب البيكربونات المذاب فى الماء وذلك طبقا لمكونات التربة الحاملة للمياه الجوفية . وكذلك عند تحلل بعض أنواع النباتات المقتربة من سطح الأرض إلى الخزان الجوفي حيث تكون نواتج التحلل أحماض الفولفيك والهيوميك وهذه الأحماض تطفو على سطح المياه التى يتم ضخها من الخزانات الجوفية مكونه سطح لامع عاكس للضوء كالمرآه وهى يمكن إزالتها بالروبات فى محطات المعالجة بالمرشحات وخطورتها تكمن فى إنها تتفاعل مع الكلور الذى يستخدم فى التطهير مكونه مركب التراى هالوميثان (المحتمل أن يكون مسرطناً) . وقد تتخلص المياه السطحية إثناء تسربها إلى الخزان الجوفي من بعض العناصر الثقيلة المذابة المسببة للأمراض المزمنة وتستبدلها بعناصر أخرى من أملاح التربة الغير ضارة وذلك بطريقة التبادل الايونى .

الماء هو السائل البيولوجى الأول فهو يسهل تفاعلات تحول الطعام إلى طاقة وخلايا جديدة وهو كذلك وسيلة لنقل الملوثات من وإلى جسم الإنسان وهو المجال الذى يعمل على تبريد الجسم من خلال الشهيق والزفير والعرق. والماء هو الذى يقوم بدور كبير فى عملية التمثيل الضوئي حيث يتحد الماء مع ثاني أكسيد الكربون باستخدام طاقة الشمس مكونا المادة الكربوهيدراتية فى النباتات الخضراء مع إنتاج الأكسجين فى نفس الوقت بما يحافظ على مستوى الأكسجين فى الجو لتعويض المستهلك بواسطة الكائنات الحية ، وفى نفس الوقت خفض ثاني أكسيد الكربون الموجود فى الجو بما يحد من التلوث الجوى الناتج عن انبعاث هذا الغاز نتيجة احتراق المواد الكربونية . وعملية التمثيل الضوئي (الكلوروفيللى) هذه للنباتات المائية توفر كذلك الأكسجين المذاب فى المسطحات المائية لتعويض الأكسجين المستهلك فى عملية التحلل

البيولوجي للمواد العضوية وهذا يسهل عملية المعالجة الذاتية للمسطحات المائية وكذلك المحافظة على حياة الكائنات المائية .

وإذا كانت المياه هى الأساس فى حياة الإنسان بالإضافة إلى ما توفره كمصدر الاستمتاع والرياضة والترويح ، إلا أن المياه هى المسببة لمعظم الإمراض وذلك فى حالة تلوث المياه بالكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض الوبائية أو العناصر الثقيلة المسببة للأمراض المزمنة أو بالملوثات الأخرى التي تحد من استساغة المياه للشرب أو عدم صلاحيتها للاستخدام المنزلي . هذا بالإضافة إلى أن عدم توفر المياه بالقدر المناسب لأغراض النظافة العامة يسبب إمراض العين والجلد . وإذا كان الهدف هو صحة الإنسان فأن مخاطر المياه الملوثة لا تقف عند تلوث مياه الشرب فقط حيث أن الملوثات قد تصل إلى مصادر غذائية من لحوم الحيوانات والطيور وكذلك النباتات والتي ترتوى بالمياه الملوثة . ولهذا تبرز أهمية المحافظة على سلامة البيئة المائية سواء بالنسبة للمياه السطحية أو المياه الجوفية وذلك على ضوء زيادة الملوثات نتيجة زيادة الأنشطة التنموية واستخدام المبيدات والكيماويات .

تقديم الكتاب ومحتواه

الدافع الى تناول موضوع تنمية الموارد المائية فى مصر والوطن العربى :

تقدر مساحة المنطقة العربية بحوالى 13 مليون كيلومتر مربع ، يقع معظمها داخل نطاق المناطق الجافة وشبه الجافة بغرب قارة أسيا وشمال قارة أفريقيا ، إلا أن اقل من 5.5 % من هذه المساحة صالح للزراعة ذلك للنقص الواضح فى كمية المياه المتاحة .

ومع بداية الألفية الثالثة يقدر عدد السكان بالمنطقة العربية بحوالى 280 مليون نسمة ، كما يبلغ متوسط معدل الزيادة السكانية حوالى 3% سنويا ، وهو الأمر الذى يمثل عقبة نحو تحقيق أهداف التنمية الاقتصادية والاجتماعية بالمنطقة. وتواجه المنطقة العربية تحديات متعلقة بموضوع المياه نوجزها فى الآتى :

- محدودية الموارد الطبيعية المتجددة مع تزايد الطلب على الماء .
- الاعتماد على مياه الأنهار والمياه الجوفية المشتركة مع دول أخرى من خارج المنطقة العربية .
- التناقص المستمر لإمكانيات تحقيق الأمن الغذائى .
- تدهور نوعية المياة السطحية والجوفية نتيجة ضعف التحكم فى مصادر التلوث وتدنى إمكانيات معالجة المياه .
- صعوبة إتاحة مياه الشرب النقية وخدمات الصرف الصحى لمعظم السكان بما ينعكس سلبا على الصحة العامة وبالتالى القدرة الإنتاجية للفرد .
- ضعف الإلمام بتكنولوجيا معالجة وتنقية المياه من المصادر المختلفة ولمختلف الاستخدامات .
- هذا بالإضافة إلى عوامل خارجية منها تجارة الغذاء والدعم الزراعى للدول المصدرة ، تزايد مفهوم المياه الافتراضية الناتج عن استيراد المنتجات الغذائية، تزايد القلق والصراعات المحتملة حول المياه المشتركة السطحية أو الجوفية نظرا لعدم توافر الاتفاقيات المشتركة الحاكمة .

وإذا كانت المنطقة العربية قد استطاعت أن تتفاعل مع التحديات الداخلية والخارجية لما تتمتع به المياه بمكانة مترسخة فى أعماق التاريخ والحضارات والأديان وعبر آلاف السنين فقد استطاعت المنطقة العربية إن تتكيف مع الأحوال المتقلبة للفيضانات والجفاف وما يتبعها من زيادة أو نقصان فى كمية الموارد المائية المتاحة . إلا أنه مع نهايات القرن العشرين وبدايات القرن الحادى والعشرين بدأت تظهر مشاكل نقص وندرة المياه بطريقة واضحة فقد زاد التعداد السكانى بشكل كبير حيث زاد الاستخدام الجائر للموارد المحدودة ومع زيادة الأنشطة التنموية والصناعية زاد التلوث للمياة السطحية والجوفية بدرجة تنذر بالخطر بما يجعل هذه المصادر غير مستدامة على المدى الطويل . ولهذا كان الدافع إلى تناول موضوع تنمية الموارد المائية فى مصر و الوطن العربى . وبالإضافة إلى ندرة ومحدودية الموارد المائية فى الوطن العربى ، فأن الفجوة بين الموارد والاحتياجات فى بعض دول الجوار الجغرافى والطموح الإقليمى لدى البعض الآخر عبر استخدام المشتركات المائية وغيرها من العوامل التى أوجدت جملة من المشكلات والاختناقات الممتدة من الماضى مروراً بالحاضر والتى يتوقع أن تمتد إلى المستقبل .

أن الإطار العام لتنمية الموارد المائية يجب أن يتضمن الاتى :

1 – ترشيد الاستهلاك للموارد المتاحة من خلال .

أ- توجيه المواطنين من خلال الإرشادات الإعلامية .

ب- توفير أجهزة القياس والتحكم لمختلف الاستخدامات .

ج – ترشيد استخدام المياه فى الزراعة وذلك باستخدام طرق الرى الحديثة .

د – ترشيد الاستخدام المنزلى والصناعى والزراعى.

2 – خفض الفاقد بالبخر أو التسرب من خلال :

أ – تقليل المساحة السطحية للمسطحات المائية طبقاً لتدفقات المقطع المائى المطلوب وذلك بتهذيب وتدبيش الأجناب للمسطحات المائية.

ب – الحد من الفقد والتسرب من خطوط نقل وتوزيع المياة .

ج – حصد مياه الأمطار والسيول .

د – التجهيزات الهندسية لحصد مياه العيون والمياه الجوفية الساحلية

3 – المحافظة على نوعية المياة الجوفية والسطحية وحمايتها من التلوث .

4 – المعالجات لإزالة الملوثات من مياة المصادر السطحية والجوفية ومياة الصرف الصحى والصناعى .

5 – إضافة موارد مائية جديدة :

أ – أعذاب المياه المالحة .

ب – استمطار السحب .

6- أهميه تأهيل كوادر علميه قادرة على استيعاب موضوعات تكنولوجيا وعلوم المياه بتوفير منشأت علمية جماعية للتأهيل فى موضوعات المياه والمواد الهندسية ، وكذلك تقنيات رصد وتقدير احتمالات الأمطار والسيول وحصدها لتحقيق أقصى استفادة منها .

وفى هذا الإطار حيث الهدف هو تنمية الموارد المائية فى الوطن العربى فقد تم تناول هذا الموضوع فى عشرة فصول تتضمنها ثلاثة أبواب رئيسية وهى .

الباب / الفصول	الموضوع
الباب الأول	**الموارد المائية فى الوطن العربى**
الفصل الأول	الأنهار فى الوطن العربى .
الفصل الثانى	مياه الأمطار والسيول فى الوطن العربى .
الفصل الثالث	الموارد المائية الحالية والمستقبلية لدول الوطن العربى .
ملحق الباب الأول	القانون الدولى ومياه الأنهار المشتركة .
الباب الثانى	**خفض الفقد من مياه العيون ومياه الأمطار والسيول باستخدام الشحن الجوفى**
الفصل الرابع	حصد مياه العيون .
الفصل الخامس	التغدية وإعادة شحن الخزان الجوفى .
الفصل السادس	حصن مياه الأمطار والسيول .
الفصل السابع	استمطار السحب (كمورد مائى مضاف)

الباب الثالث	**الملوثات فى الماء والمعالجات لتحسين نوعيتها وإضافة موارد مائية جديدة**
الفصل الثامن	الملوثات فى الماء
الفصل التاسع	معالجات المياه الجوفية لتحسين نوعيتها
الفصل العاشر	أعذاب المياه المالحة (كمورد مائى مضاف)

وبهذا يكون تم تناول الموقف المائى لكل دول الوطن العربى وطرح الروئ لزيادة الموارد المائية من خلال تناول التقنيات الخاصة لكل من المصادر السطحية والجوفية ومياه الأمطار والسيول وإضافة موارد مائية جديدة.

والله أسأل أن يحقق به الإفادة،

المؤلف

مهندس استشارى

محمد احمد السيد خليل



الفصل الاول

الانهار فى الوطن العربى

الفصل الثانى

مياه الامطار والسيول فى الوطن العربى

الفصل الثالث

الموارد الحالية والمستقبلية فى دول الوطن العربى

الباب الاول
الموارد المائية فى الوطن العربى

الفصل الاول

الأنهار فى الوطن العربى

مقدمة :

أولا : نهر النيل

1. حوض نـهر النيل وايراد الشهر .
2. الموقف المائى لدول حوض النيل .
3. الاتفاقيات بين مصر والسودان (خلفية تاريخية) .
4. مجال التعاون مع دول حوض النيل نحو زيادة موارد النـهر .
5. دخول طرف ثالث بين مصر ودول المنبع واثر ذلك على مصر .

ثانيا : حوض نهر الاردن

ثالثا : حوض دجلة والفرات

رابعاً : القانون الدولى ومياه الانهار المشتركة

الفصل الاول
الانهار فى الوطن العربى

مقدمة : الأنهار فى الوطن العربى:

لا يتجاوز عدد الأنهار المستديمة فى الوطن العربى خمسين نهراً بما فى ذلك روافد النيل ودجلة والفرات . تتمثل الأنهار الرئيسية فى الوطن العربى فى نهر النيل أطول الأنهار العربية وأغزرها ونهر الفرات الذى ينبع من تركيا ويدخل سوريا فالعراق ويصب فى الخليج العربى كما انه يتلقى روافده من من الدول الثلاث . ودجله الذى ينبع من تركيا ويدخل الى العراق بعد أن يمر مسافة قصيرة فى سوريا ويلتقى بالفرات فى العراق. ونهر العاصى الذى ينبع من لبنان ويسير فى سوريا ، الحاصبانى من لبنان وتتحد هذه الأنهار فى الجزء الشمالى من وادى الحوله لتشكيل نهر الشريعة ويدخل الى بحيرة الحولة وبعد خروجه منها يرفده نهر اليرموك فى سوريا . بينما يقع نهر الليطانى بالكامل فى الأراضى اللبنانية .

كما يوجد فى لبنان الى جانب أنهار الكبير والعاصى والحاصبانى المشتركة بين لبنان وبلدان اخرى 12 نهراً يبلغ اجمالى ايرادها 3 مليار متر مكعب سنوياً أهمها الليطانى أطول الانهار اللبنانية . والانهار التى تجرى بالكامل فى لبنان سواء الساحلى الذى يصب فى البحر المتوسط أو الداخلى الذى ينبع ويصب بالكامل داخل الاراضى اللبنانية وهى انهار اسطوان ، عرقة ، البارد ، الجوز ، إبراهيم ، الكلب ، بيروت ، الدامور ، الزهرانى ، الاولى .

وفى المملكة المغربية نهر ام الربيع ، نهر بورقراق ، نهرسبو ، وفى الصومال أنهار شبيلى وجوبا وفى جيبوتى بعض روافد هضبة الحبشه .

وفى هذا الفصل سيتم عرض جغرافى هيدروليجى لاهم هذه الانهار واكثرها تأثيرا فى حياة السكان وهى انهار النيل ودجلة والفرات ونهر الاردن . ذلك مع تناول الموقف المائى لدول الجوار والنزاعات والاتفاقات القائمة والقانون الدولى ومياة الانهار المشتركة .

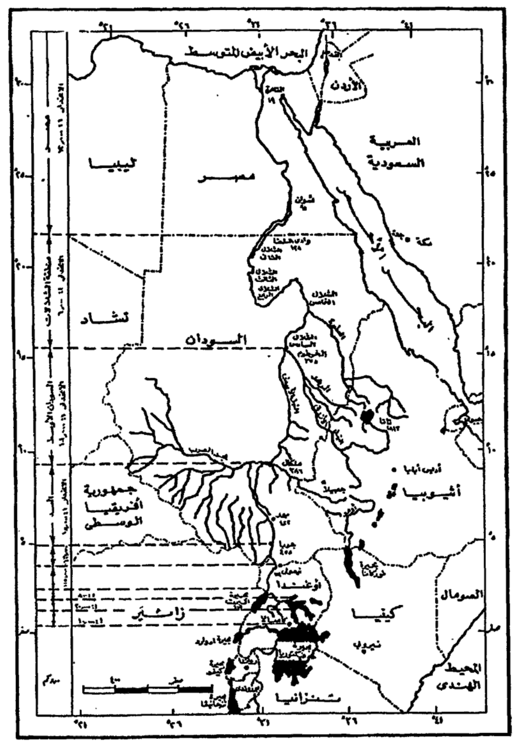
أولا : نهر النيل

حوض نهر النيل وايراد النهر ومتابعة الثلاث وهى هضبة الحبشة (الاثيوبية) والهضبة الاستوائية وحوض بحر الغزل .

1 – حوض نهر النيل وإيراد النهر :

يمثل نهر النيل شريان الحياة لكل عوامل الحضارة والتقدم على أرض مصر . يبلغ طول نهر النيل حوالى 6700 كيلومتر ، وتقدر مساحة حوض النهر بحوالى 2.9 مليون كيلومتر مربع وهذه المساحة تشمل اجزاء من عشرة دول افريقية وهى اثيوبيا وأريتريا وأوغنده وبورندى وتنزانيا وروواندا والسودان والكونغو وكينيا ومصر . وتبلغ المساحة الكلية لهذه الدول العشر حوالى 8.7 مليون كيلومتر مربع ونظرا لهذا الاتساع العرضى والطولى فأن نهر النيل يمر خلال رحلته الطويله من منابعه الى مصبه بلغات وحضارات عديدة ، كما أنه يمر خلال عدة أقاليم مناخيه .

يختلف ايراد نهر النيل – مثل معظم انهار العالم من عام لآخر ، فبينما يصل فى اقلها الى 42 مليار متر مكعب / العام مقاسا عند اسوان فأنه يصل فى اعلاها الى 151 مليار متر مكعب . فقد بلغ أقصى أيراد مسجل للنيل عند اسوان نحو 151 مليار متر مكعب عام 1878 – 1879 كما بلغ الايراد السنوى عند اسوان نحو 107,189,111,112,114,119,119 مليار متر مكعب فى اعوام 1988,1964,1917,1916,1896,1895,1894 على الترتيب وبالمقابل بلغ الايراد نحو 60,70,57,69,66,46 مليار متر مكعب فى اعوام 1913 ، 1940 ، 1983، 1984، 1986 ، 1987، على الترتيب وقد بلغ متوسط الايراد السنوى الطبيعى لنهر النيل خلال القرن الماضى مقدراً عند اسوان بنحو 84 مليار متر مكعب . وهذه تقسم بين مصر والسودان طبقاً لاتفاقية 1959 حيث تأخذ مصر 55.5 مليار متر مكعب والسودان 18.5 مليار متر مكعب بعد استنزال الفقد بالبحر من بحيرة السد العالى والذى يقدر بحوالى 10 مليار متر مكعب سنوياً .



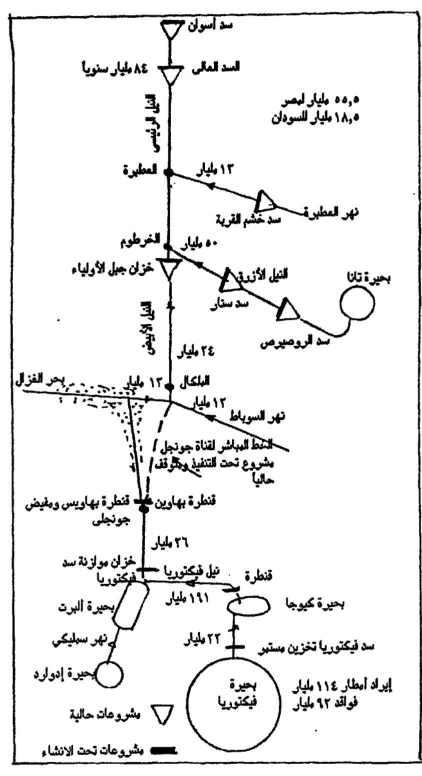
شكل (1-1) حوض النيل موضحاً إرتفاع النهر فوق سطح البحر فى مواقع مختارة بغرض توضيح إختلاف درجة انحدار النهر فى أجزائه المختلفة

يستجمع النيل مياهه من ثلاث أحواض رئيسية وهى الهضبة الإثيوبية ، هضبة البحيرات الاستوائية وحوض بحر الغزال .

أ – الهضبة الإثيوبية : وهى تمثل اكبر منابع النيل إيراداً حيث تمثل مواردها من الأمطار 590 مليار متر مكعب سنويا يصل منها إلى أسوان حوالى 71 مليار متر مكعب وهذه تمثل 85% من متوسط الإيراد السنوى ، أما نسبة الفاقد فهى تصل إلى 87.9% وتتجمع مياه الهضبة الإثيوبية من عدد من إلا نهار وهى نهر السوباط ، النيل الأزرق الذى يستمد مياهه من بحيرة تانا ونهر العطبره .

ب– الهضبه الاستوائية : وتتمثل إيرادات الهضبه الاستوائية أكثر المصادر انتظاما على مدار العام ، حيث يبلغ المتوسط السنوى للمياه الواردة من الهضبة الاستوائية بنحو 13 مليار مكعب مقدره أسوان أما متوسط سقوط الأمطار فيصل الى 527 مليار متر مكعب سنويا ونسبة الفاقد 97.5%. ومن بين مصادر الهضبة الاستوائية مياه بحيرة فيكتوريا ، بحيرة كيوجا، بحيرة البرت وبحر الجبل والنيل الأبيض .

ج– حوض بحر الغزل : يتاخم هذا الحوض من الجنوب حدود جمهورية السودان والكونغو ويبلغ متوسط الأمطار على هذا الحوض بنحو 0.9 مليار متر فى العام ولكن يقدر معدل البخر بحوالى مترين فى العام . وتقدر كميه الأمطار بنحو 544 مليار متر مكعب فى العام . ويبلغ متوسط مجموع تصرفات روافد حوض بحر الغزال فى السنة ما لايقل عن 15.1مليار متر مكعب ، تضيع كلها فى مناطق المستنقعات ولا يصل منها إلى النيل الأبيض سوى نصف مليار متر مكعب فى العام نقط .



شكل (2-1) متوسط صافى الايراد السنوى للنيل

الشكل رقم (1/1) خريطة لحوض النيل ، الشكل (1/2) خريطة لمتوسط إيراد النهر .

- متوسط صافى الإيراد السنوى لنهر النيل

البيان	مليار م^3/العام
مجموع الإيراد الخارج من نيل فيكتوريا	19
يضاف إليه إيراد بحيرة إدوارد وألبرت	7
فيكون مجموع إيراد النيل عند منجلا (بداية منطقة السدود)	26
الفاقد فى منطقة السدود النباتية	14
الخارج فى بحر الجبل من نهاية منطقة السدود إيراده	12
يمده نهر السوباط بإيراد قدره	12
يخرج النيل الأبيض من الخرطوم بإيراد قدره	24
متوسط إيراد النيل الأزرق عند الخرطوم	50
فيكون إيراد النيل الأبيض بعد إلتقائه بالنيل الأزرق	74
متوسط إيراد رافد العطبرة	86
متوسط إيراد النيل الرئيسى عند أسوان	84

من الجدول السابق يتضح أن $\frac{2}{7}$ من الإيراد الكلى يصل من النيل الأبيض ونحو $\frac{4}{7}$ من الإيراد الكلى من النيل الأزرق ونحو $\frac{1}{7}$ من الإيراد الكلى من رافد العبطرة وان الذى يصل إلى أسوان هو فقط 9% من اجمالى إمكانيات موارد النيل والتى تبلغ 1661 مليار م^2 / السنة، الفاقد هو 91%

2- الموقف المائى لدول حوض النيل

يأتي الجزء الأكبر من المياه التى تصل إلى مصر فى الوقت الحاضر من المرتفعات الإثيوبية وهضبة البحيرات الاستوائية اللذان يشكلان معا حوالى 20% من مساحة حوض النيل ويأتيان بحوالى 96% من مياهه . ويقع باقى حوض النيل فى مناطق قاحلة أو شبه قاحلة قليلة الأمطار تتبدد فيها المياه إما بالبخر أو التسرب فلا

يصل منها إلى مصر إلا قليلها الذى لا يتناسب وحجم الحوض العظيم لنهر النيل الذى تقارب مساحته عشر مساحة القارة الأفريقية .

والجدول التالى يبين التقديرات التى تتسق والمعلومات المتاحة من كمية الأمطار التى تسقط فى مختلف أرجاء الحوض ومقدار البخر والتسرب فيها . وبالجدول تقدير لكمية المياه المتاحة لكل دولة حوضية من الأمطار والأنهار والخزان الجوفى .

ويتضح من الجدول أن الماء المتاح لسكان دول الحوض والذى يبلغون حوالى 200 مليون نسمة (فى عام 1990) هو حوالى 471 مليار متر مكعب يأتي حوالى 35% منها من الأمطار وحوالى 46% من الأنهار وحوالى 29% من الخزان الجوفى ويبين الجدول أيضا أن مقدار اعتماد مختلف دول الحوض على مياه نهر النيل يختلف من بلد لأخر فهو بالنسبة لمصر المصدر الأساسي للمياه فهو يزودها بحوالى 90% منها . أما فى البلاد الأخرى فهو يزودها بنسب تتفاوت من 46% فى حالة السودان إلى حوالى 18% فى حالة كينيا . وبالجدول معامل جديد أدخل لبيان مقدار التنافس على الماء وهو عدد من يتنافسون على استخدام كل مليون متر مكعب متاح .

جدول (1/1)

الماء المتاح ومعامل التنافس على الماء فى بعض دول حوض النيل

	عدد السكان بالمليون لعام 1990	الماء المتاح (مليار متر مكعب)				معامل التنافس على الماء عدد الذين يتنافسون على مليون متر مكعب
		مطر	أنهار	جوفى	جملة	
مصر	52.4	1.5	55.5	0.5	**57**	**920**
السودان	52.2	46	46	8	**100**	**252**
اثيوبيا	49.2	40	90	20	**150**	**328**
كينيا	24	15	3	4	**22**	**1090**
تنزانيا	27.3	34	19	23	**76**	**359**
أوغنده	18.8	31	6	29	**66**	**285**
الجملة	**196.7**	**167.5**	**219.5**	**89**	**471**	**417**

ويبين الجدول أن كينيا ومصر أفقر دول حوض النيل فى مصادرهما المائية حيث يمكن تصنيفهم ضمن الدول الواقعة تحت وطأة الفقر فى المياه وإن كانت ندرة الماء

فيها لا تقاس بما تعانيه الكثير من دول الشرق الأوسط حيث يرتفع معامل التنافس على الماء في الأردن إلى 5060 وفى إسرائيل الى 2300 وفى الضفة الغربية وغزه (فلسطين) 15380 . أما باقى دول حوض النيل فالماء فيها وفير ولا يجوز أن يكون عائقا للتقدم .

وإذا أخذنا دول حوض النيل مجتمعه فأننا نجد أن ما يخص الفرد فيها فى السنة 420 متراً مكعباً ويزيد نصيب الفرد عن هذا المتوسط العام فى السودان وأوغندة وتنزانيا إلى 3970 ، 3500 ،2780 متر مكعبا كما ينخفض إلى 916 ، 1180 متر مكعباً فى كل من مصر وكينيا على التوالى .

3- الاتفاقيات بين مصر والسودان [خلفية تاريخية]

أ – اتفاقية عام 1929 :

بدأ السودان فى زراعة القطن فى أوائل القرن العشرين ، وقد وافقت الحكومة المصرية على أن يقوم السودان بضخ كمية المياه اللازمة لزراعة 10000 فدان بمنطقة الجزيرة فى عام 1904 ولزراعة 20000 فدان فى عام 1909. وفى الوقت نفسه وافقت مصر على أن يسحب السودان اى كمية من مياه النيل الأزرق فى وقت الفيضان (بين 15يوليو . أخر فبراير من العام التالى) وقد ظلت مساحة الأرض المروية فى السودان ثابتة عند حد العشرين ألف فدان لحوالى عشر سنوات ، عندما قرر السودان زيادة أراضى الجزيرة المروية الى 300.000 فدان مره واحده وقد أزعج هذا القرار الحكومة المصرية ، فقامت بتشكيل لجنة لدراسة هذا التوسع الزراعى على موارد مصر المائية . وقد رأس اللجنة السير مردوخ ماكدونالد الذى نشر تقريرا فى عام 1920 رأى فيه أن التوسع الزراعى للسودان لن يؤثر على مصر، فاحتياجات البلدين بعد هذا التوسع يمكن تدبيرها . وقد تقررت هذه الاحتياجات بحوالى 56 مليار متر مكعب منها 34 مليار متر مكعب فى وقت الفيضان (يوليو – ديسمبر) 22 مليار متر مكعب وقت التحاريق (يناير – يونيو) . وقدر نصيب السودان من هذه الكمية بأربعة مليار متر مكعب خلال موسم الفيضان ومليارين من الأمتار المكعبة خلال موسم التحاريق . ولما كانت هذه الكميات اكبر من سعات التخزين المتاحة فى ذلك الوقت ، فقد اقترح ماكدونالد اقامة خزان سنار على النيل الازرق لتأمين مياه مشروع الجزيرة وخزان بجبل الأولياء على النيل الأزرق لتأمين المياه الصيفية التى

تحتاجها مصر وقد اعترض الكثيرون على مشروع ماكدونالد مما دعا الحكومة المصرية الى تأجيل النظر فى الموضوع كله ، فأزعج ذلك الحكومة البريطانية التى انتهزت فرصة الأزمة التى أحاطت بالعلاقات المصرية البريطانية بمناسبة مقتل السردار فى عام 1924 ، وأنذرت الحكومة المصرية بأنها ستستخدم ما شاءت من مياه النهر لتزرع ما شاءت من الاراضى فى السودان إذا لم تقم الحكومة المصرية بتشكيل لجنة دولية تبت فى مسألة نصيب كل من مصر والسودان من ماء النيل . وبالفعل قامت الحكومة المصرية بتشكيل لجنة برئاسة كانتر كرمرك (Canter Cremerc) المهندس الهولندى وعضوية عبد الحميد سليمان عن مصر وماكريجور عن بريطانيا بغرض دراسة واقتراح الأسس التى يجب اتخاذها لتنفيذ توسعات الزراعة فى السودان دون الضرر بمصالح مصر أو النيل من حقوقها الطبيعية والتاريخية من ماء النيل . وقدمت اللجنة تقريراً اخذ أساسا لاتفاقية المياه التى عقدت فى مايو عام 1929 وأصبح التقرير جزء لا يتجزءا من هذه الاتفاقية وقد قبلت اللجنة حق السودان فى التوسع الزراعى على إلا يسبب ذلك تعديا على حقوق مصر التاريخية ، أو بما سوف تحتاجه فى توسعها الزراعى فى مستقبل الأيام وحددت أنصبة البلدين فى الاتفاقية تبعا لاحتياجات الاراضى التى كانت تزرع فى ذلك التاريخ فى كلا البلدين بمقدار 48 مليار متر مكعب لمصر فى العام ، 4 مليار متر مكعب للسودان .

ب – اتفاقية عام 1959 :

عند التفكير فى بناء السد العالى دخلت مصر والسودان (الذى قد نال استقلاله) فى مفاوضات انتهت بعقد اتفاق بين الجمهورية العربية المتحدة و جمهورية السودان للانتفاع الكامل بمياه النيل تم توقيعه فى 8 فبراير عام 1959 بمقر وزارة الخارجية للجمهورية العربية المتحدة . وافق فيه السودان على إن تقوم مصر ببناء السد العالى وأن يتم تقسيم المياه التى سيوفرها بناءه والتى قدرت بحوالى 22 مليار متر مكعب فى العام كمتوسط (بعد خصم فاقد التخزين المستمر . والمقدر بحوال 10 مليار متر مكعب فى العام كمتوسط) على أن يحصل السودان على 14.5 مليار متر مكعب ومصر 4.5 مليار متر مكعب وهذه الكميات تضاف الى كميات المياه التى كانت تستخدمها مصر والسودان وقت توقيع الاتفاق والتى اعتبرت حق مكتسب لهما . وكانت هذه الكميات قد تقررت فى اتفاقية عام 1929 وبدا أصبح نصيب مصر 55.5 مليار متر مكعب فى العام والسودان 18.5 مليار متر مكعب فى العام .

ج - وافقت مصر على إن يقوم السودان ببناء خزان الرصيرى على النيل الأزرق "وأى مشروع آخر يعتبره السودان حيوياً لاستغلال حصته " وكما اتفق الطرفان على أن تبدأ السودان الاتفاق مع مصر فى دراسة مشروعات أعالى النيل للاستفادة من المياه التى تتبدد فيها على إن تقسم نفقات هذه المشاريع بين البلدين مناصفة وأن يقسم العائد من المياه بينهما مناصفة أيضا كما وافق الطرفان على إنشاء لجنة فنية مشتركة دائما تضم عددا متساوياً من الخبراء عن كل طرف لتحقيق التعاون الفنى بين الحكومتين كما أعطيت لهذه اللجنة صلاحيات واسعة لمراقبة تنفيذ الاتفاق ولدراسة المشروعات المستقبلية والإشراف على تنفيذها ووضع أسس تقسيم المياه فى حالة تتابع سنوات شحيحة من الفيضان . ولعل أهم بنود الاتفاق من ألوجهه السياسية هو ما جاء فى بند الأحكام العامة وهو بان يتخذ البلدان موقفاً موحداً إذا دعت الحاجة لإجراء مفاوضات حول مياه النيل مع أى دولة أخرى خارج حدودها وإن يبحثا معاً مطالب هذه البلاد إذا طلبت نصيباً من مياه النيل ، وانه إذا ما أسفر البحث عن قبول أى من هذه الطلبات فأن هذا القدر محسوباً عند أسوان يخصم مناصفة بينهما وتعقد اللجنة الفنية المشتركة اجتماعاتها العادية فى القاهرة والخرطوم بصفة منتظمة منذ توقيع الاتفاق ، وقد توصلت اللجنة الى نتائج باهرة من أهمها الاتفاق على مشروع قناة جونجلى فى منطقة السدود .

4- التعاون مع دول حوض النيل نحو زيادة موارد النهر :

هناك العديد من المشروعات التى يمكن اقامتها فى السودان الشقيق لتقليل فواقد النهر وبالتالى زيادة ايراده فى مستنقعات بحرى الجبل والزراف (وهو مشروع قناة جونجلى) ومستنقعات مشار وحوض نهر السوباط ومستنقعات حوض بحر الغزال .

تقدر الدراسات التى قامت بهما كلا من مصر والسودان أن هذه المشروعات مجتمعه يمكن إن توفر 18 مليار متر مكعب سنويا مقاس عند اسوان ، تقسم مناصفة بين مصر والسودان وقد قدرت المبالغ المطلوبة لهذه المشروعات عام 1977 بحوالى 600 مليون جنيها مصرياً ولكن لإمكانية السير قدما فى هذه المشروعات فأنه لابد من استقرار السودان وإنهاء مشكلة الجنوب ووجود علاقة جيدة بين دول حوض النيل.

وكانت مصر والسودان قد بدأتا فعلا فى تنفيذ أول هذه المشروعات فمثلاً فى مشروع قناة جونجلى (المرحلة الأولى) لتقليل الفواقد من مستنقعات بحرى الجبل والزراف وزيادة إيراد النهر بحوالى 4 مليار متر مكعب مقاسه عند أسوان . ولكن

توقف حفر القناة نتيجة للحرب الأهلية فى جنوب السودان وذلك بعد حفر 70% منها بطول 240 كيلومتر 50 . وتأمل مصر فى تهيئة الظروف المواتية فى دول الحوض لاستكمال المرحلة الأولى لقناة جونجلى وبما يزيد من حصة مصر من مياه النيل بمقدار 2 مليار متر مكعب سنويا لتصبح 57.5 مليار .

ولكن بالرغم من أن نهاية الحرب الأهلية السودانية بعد سلسلة الاتفاقات الخاصة بتقاسم السلطة والثروة قد فتحت الباب نظرياً أمام تنفيذ مشروعات تطوير الإيرادات المائية لنهر النيل والذى يعتبر جنوب السودان هو المصدر الاساسى لها . ونظراً لان السودان ليس مصدر للمياه التى تحصل عليها مصر بل هو معبر للمياه التى تتدفق إلى مصر من خلال نهر النيل والتى مصدرها هو الهضبتين الاستوائية والإثيوبية أساسا بل السودان نفسه يحصل على حصة من المياه القادمة من الهضبتين المذكورتين وبالتالى فإن السودان فى موقع مشابه للذى تحتله مصر فى العلاقة مع باقى دول حوض النيل ، وهذا المعبر فى حالة وحدة الدولة السودانية أمن بفعل الاتفاقات الموقعة فى السابق مع دولة قائمه ومستمرة بفعل الجوار الجغرافي المباشر والمصالح المائية المشتركة وحتى فى حالة الانقسام لا قدر الله فأن جنوب السودان الذى يعد هو الآخر معبراً للمياه الى شمال السودان والى مصر والذى يعانى من تخمة مائية سواء من المياه المتدفقة إليه من أوغندة أو إثيوبيا أو من مياه الأمطار التى تسقط عليه مباشرة لمدة تزيد على ستة اشهر فى العام ليس أمامه برنامج لتوظيف موارده المائية سوى الاتفاق مع مصر ومع شمال السودان لإقامة مشروعات مائية وزراعية وصناعية مشتركة . علما بأن المشروعات الأساسية لتطوير الإيرادات المائية لنهر النيل من خلال إنقاذ ما يتبدد فى مناطق المستنقعات هى مشروعات موقعها جنوب السودان فى مستنقعات بحر الجبل وبحر الغزال ومستنقعات مشار وحتى فى حالة توصل مصر لاتفاق مع دول المجرى الأعلى للنيل لإقامة مشروعات مائية لزيادة الإيرادات المائية لنهر النيل فأن هذه المشروعات لابد أن يستتبعها عقد أتفاق مع السودان بجنوبه وشماله كمجرى أوسط لنهر النيل .

5 – دخول طرف ثالث بين مصر وبعض دول المنبع وأثر ذلك على مصر

وقد حدث خلال سنين الحرب الباردة والتى امتدت حتى أخر ثمانيات القرن العشرين إن دخلت أطراف ثالثه فى معادلة توزيع مياه النيل حسب ما كانت قواعد هذه

السنوات تسمح به فعلى طول سنواتها كان خصمى الحرب الباردة يستخدمان ورقة مياه النيل لتحقيق هدف أبعاد نفوذ الطرف الأخر عن دول الحوض بما جعل الحفاظ على الوضع القائم ممكنا . وفى خلال تلك السنوات استطاعت مصر أن تستفيد من التنافس بين الدولتين الأعظم وأن تبنى السد العالى بمساعدة الاتحاد السوفيتى السابق الذى قبل أن يمد يد العون لبنائه بعدما رفضت الولايات المتحدة وحلفائها ذلك – وردت الولايات المتحدة على هذه الضربة بإرسال البعثات إلى إثيوبيا فى ستينات القرن العشرين لدراسة أمكان بناء السدود على منابع النهر بغرض توصيل رسالة إلى مصر بأن الأضرار بها سهل وأن حياتها مرهونة بمن يحكمون منابع النيل – وعندما انقلب الحال وأصبحت إثيوبيا حليفا للاتحاد السوفيتى فى سبعينات القرن العشرين قام الاتحاد السوفيتى بتوصيل رسالة إلى مصر التى كانت تتقارب مع الولايات المتحدة فى هذه الأثناء عن طريق التلويح ببناء السدود على النهر وهو الأمر الذى ردت عليه مصر على لسان رئيسها السادات بأنها ستقوم بهدم أى سد تقيمه إثيوبيا على النهر أن هى أقدمت على ذلك – وكان هذا التهديد هو الذى أعطى لمقوله أن حروب المستقبل ستكون بسبب المياه شهره واستخدامها واسعاً حتى بعد انتهاء الحرب الباردة على الرغم من أن هذه المقولة هى من مخلفاتها والتى ما كان من الممكن أن تؤخذ بأي جديه إلا فى ظروفها وبمساعدة طرف من أطرافها . وفى خلال السنوات الأولى من تسعينات القرن العشرين استخدم السودان نفس الورقة للضغط على مصر عندما ساءت علاقاته معها وقام بتوزيع إعلان الصداقة والسلام مع إثيوبيا واشترك معها فى تأسيس منظمة حوض النيل الأزرق يهدف الاستفادة من مياه هذا النهر دون اعتبار لمصر التى تدع للانضمام إليها – وقد تغير الحال وتجمدت أعمال هذه المنظمة فى أخر سنوات تسعينات القرن العشرين عندما تحسنت العلاقات المصرية السودانية وعادت الأمور إلى ما كانت عليه طول التاريخ الحديث وخاصة بعد توقيع اتفاقية عام 1959 عندما ارتبط الأمن المائى لكل من مصر والسودان طبقاً لهذه الاتفاقية مع التمسك بها وحسن تنفيذها ، حيث عمل البلدان على إنجاح عمل اللجنة الفنية المشتركة وأبعادها عن اى خلافات سياسية . وفى هذا المجال لابد أن نذكر أن فى السودان جناح يعتقد أن اتفاقية 1959 فيها ظلم كبير للسودان لأنها لا تعطيه ما يعتقد هذا الجناح إنها مستحقه من المياه التى تبررها إمكانياته الزراعية وقدرته الاستيعابية الكبيرة لاستخدام المياه – وهذا الجناح تحركه دوافع سياسية ، فليس فى السودان أزمة مياه او نقص فى

مصادرها يبرر هذا الموقف . وطول سنين الحرب الباردة ولسنوات طويلة بعد انتهائها كانت السياسة المائية المصرية تهدف إلى الاحتفاظ بالوضع القائم والعمل على منع بناء السدود على منابع النهر أو القيام بأي عمل يمكن أن يعيق وصول المياه إليها . ولم تكن دول أعلا الحوض راضيه عن هذا الوضع (القائم) فقد كانت تعتقد انه فى صالح مصر، لأنه يعطيها نصيبا كبيرا من المياه والتى تنبع منها والتى كانت مصر والسودان قد اقسماها دون استشارة دول أعلا الحوض فى سنه 1959. وكانت مصر حتى وقت قريب تواجه هذه الشكاوى فى اتجاهين.

الاتجاه الأول :

هو بتبرير حصولها على حصتها الكبيرة من المياه بسبب أن النيل هو مصدرها الوحيد وانه إذا أريد إعادة فتح ملف توزيع المياه فينبغى اعتبار جميع مصادر المياه المتاحة لكل دولة ومن المعروف أن السودان وإثيوبيا لهم مصادر كثيرة للمياه بل وانهار أخرى غير النيل بعضها يصب فى البحر الأحمر وبعضها يصب فى المحيط الهندى والكثير من هذه الأنهار غير مستغل وربما كان النظر فى تنمية أحواضها أعظم فائدة واقل تكلفه فسهول الكثير منها وخاصة التى تصب فى المحيط الهندى أكثر انبساطاً بما يجعل ضبط مياهها سهلاً مقارنة بروافد النيل التى تنبع من المرتفعات الإثيوبية وتمر في خوانق عميقة ذات انحدار كبير وحامله للكثير من الرواسب .

أما الاتجاه الثانى : التى كانت مصر تسلكه من اجل الاحتفاظ بالوضع القائم فقد كان فى احتواء اى تجمع لدول الحوض وتبنيه وأبعاده عن تدخل أى طرف ثالث وأخذ زمام المبادرة فيه على أمل أن تحتويه أو أن تجعله متوائما مع الوضع القائم . وكانت مصر تأخذ المبادرة للاشتراك فى كل لجنة أو نشاط مشترك لدول الحوض ولعبت دوراً مهما فى تشجيع دول المنبع للقيام بدراسة هيدروميترولوجية للبحيرات الاستوائية عندما ارتفع منسوبها ارتفاعا مفاجئا فى اوائل ستينات القرن العشرين – وقد تمخضت جهودها عند مشروع الهيدروميت الذى موله البرنامج الإنمائى للولايات المتحدة ونفذته منظمة الأرصاد الجوية وكانت مصر عضوا فيه وشجعت باقى دول الحوض على المشاركة فيه .

كما عملت من خلال منظمة الوحدة الأفريقية فى مؤتمر القمة الذى عقد فى لاجوس بنيجيريا فى عام 1980 على تشجيع تجمعات اقتصادية أفريقية إقليميه لبناء

تجمع فى حوض النيل ، حيث دعت وزارة الخارجية دوله لاجتماع عقد فى الخرطوم فى عام 1983 حضرته مصر والسودان وأوغندة وزائير وجمهورية أفريقيا الوسطى وتمخض الاجتماع عن ميلاد وتجمع غير رسمى مسمى (الاندوجو) وهى كلمة سواحلية تعنى الأخوة – وقد انضمت الى التجمع بعد ذلك كلا من رواندا وبوروندى وتنزانيا – إلا أن هذا التجمع لم يحظ بالنجاح نظراً لغياب إثيوبيا ، احد أهم دول المنبع – وللحق كانت ظروف الحرب الباردة غير مواتية لقيام أى تجمع فعال مما سهل مهمة الحفاظ على الوضع القائم وأبعاد أى طرف ثالث من الدخول لتغييره ، حيث أعاقت ظروف الحرب الباردة إقدام رأس المال العالمى ومؤسسات التمويل الدولية عن الاستثمار فى أى مشروع لتنمية حوض النهر .

وتغير الحال بعد انتهاء الحرب الباردة وبدأ دخول مؤسسات التمويل الدولية كطرف ثالث بغرض إقامة نظام جديد يحل محل الوضع القائم فيها حيث بدأ الدخول المنظم لهذه المؤسسات فى عام 1992 وعندما اجتمع وزراء الموارد المائية الست من دول الحوض (مصر – السودان – الكونغو – رواندا – تنزانيا – اوغندة) وبحضور مندوبين من دول الحوض الأخرى تحت رعاية هذه المؤسسات وقرروا إنشاء لجنة للتعاون الفنى (تكونيل) تقدمت بورقة عمل فى عام 1995 مولها البرنامج الإنمائى للأمم المتحدة تقترح نظام لإدارة مياه النيل لصالح دولة . وعرضت هذه الورقة على مجلس وزراء الموارد المائية لدول الحوض والذى وافق عليها وقرر التقدم إلى البنك الدولى للمساهمة فى تمويل ما جاء بها من توصيات ووافق البنك على ذلك بعد أن يقوم بدراستها وتمت الدراسة بالفعل بواسطة لجنة شكلها خبراء دولتين اقترحت بعض التعديلات التى عرضت على مجلس وزراء الموارد المائية لدول الحوض فوافق عليها فى اجتماع عقد بمدينة أروشا بتنزانيا فى مارس 1998 . وتمثل هذه الورقه الأساس الذى بنيت عليه مبادرة حوض النيل الذى أعلن مجلس وزراء الموارد المائية عن قيامها فى اجتماع عقد فى مدينة أروشا فى فبراير 1999 – حيث تهدف هذه المبادرة إلى التنمية الشاملة لحوض نهر النيل وبناء نظام جديد يعيد تنظيم اقتصاد دولة ويعظم الاستفادة من ثروتها الطبيعية وتنال مبادرة حوض النيل المساندة الكاملة من مؤسسات التمويل الدولية وفى مقدمتها البنك الدولى والوكالة الكندية للتنمية الدولية والبرنامج الإغاثى للأمم المتحدة والتى تعهدت بتمويل مرحلتها الأولى فى اجتماع عقد بمدينة جنيف فى شهر يونيو عام 2001. وتسعى هذه المرحلة إلى بناء رؤية مشتركة

(Shared vision) بين دول الحوض قدرت تكاليف وضع برنامجها بحوالى 211 مليون دولار ومدة تنفيذها بين 3-6 سنوات وتحتوى الرؤية على خمس برامج أساسية تتعلق بالعمل البيئى عبر الحدود والتجارة الإقليمية للكهرباء بين دول الحوض والاستخدام الأمثل للمياه فى الزراعة وتخطيط وإدارة مصادر المياه وبرنامجين مساعدين يتعلقان ببناء الثقة وتوطيد الاتصال بين دول الحوض ومد جسور التعاون بينهما من اجل تحقيق التكامل الاقتصادي الاجتماعى .

كما تحتوى المبادرة فى نفس الوقت على برنامجين فرعيين اولهما يخص دول شرق النيل (مصر – السودان – إثيوبيا) وثانيهما يخص الدول البحيرية (بوروندى – الكونغو – كينيا – رواندا – تنزانيا – أوغندة) بالإضافة الى مصر والسودان وحددت دول شرق النيل خمس برامج للدراسة هى الإدارة المتكاملة لمصادر المياه – ضبط الفيضان – توليد الكهرباء وتوزيعها – الرى والصرف – إدارة بعض أحواض التصريف . أما الدول البحيرية فقد حددت 12 مشروعا مشتركا بعضها جاهز للتنفيذ على الفور تتعلق بالتنمية الزراعية والسمكية وإدارة مصادر المياه ومكافحة ورد النيل (الذى علا منطقة السد ومناطق كثيرة بحوض السوباط والغزال) وتوليد الكهرباء وتوزيعها وقد تكون من اجل تمويل تنفيذ هذا البرنامج جهاز دولى يسمى " الكونزوريتوم الدولى للتعاون من اجل النيل" (ICCON) الذى عقد أول اجتماع له فى جنيف فى شهر يونيو 2001 بغرض اعتماد برنامج الرؤية المشتركة كما سبق توضيحه .

ويحمل برنامج الرؤية المشتركة كما جاءت فى مبادرة حوض النيل من العواقب ما يمكن أن يعيد تشكيل نهر النيل ويغير تشكيل نهر النيل ويغير اقتصاد دول تغييراً جذرياً وشاملاً ويصعب التنبوء لهذه التغييرات فلا زالت التفاصيل الكاملة للمشروع التى ستأتى بها هذه الرؤية غير معروفه على وجه التحديد كما أنها لم تتبلور بعد ومحاطة بالكتمان – ولو حدث تنفيذ لأى من المشروعات التى يتداولها خبراء الكونزوريتوم أو ما يصرح به المسئولون فى دول الحوض وخاصة ما تعلق منها ببرنامج تخطيط وإدارة مصادر المياه وتنظيم اتجاهها عند خطوط تقسيمها سنكون أمام تغيير كامل فى شكل نهر النيل كما نعرفه اليوم فإذا تحقق على سبيل المثال بناء سد كبير للاستخدام المستديم للمياه على النيل الأزرق فى إثيوبيا فأن عملية التخزين القرنى لدول أدنى الحوض(مصر– السودان) ستنتقل من مصر إلى إثيوبيا مما سيكون نزيراً

بنهاية دور السد العالى كخزان للمياه أو كمصدر لتوليد الكهرباء بما يحمله ذلك من تغيرات شاملة على ارض مصر وتوجهات اقتصادها وإذا أتيح لإثيوبيا أن يكون لها نصيب من مياه الروافد التى تنبع منها كما تشير كل برامج المبادرة فأن ذلك سيكون على حساب حصة مصر والسودان وأغلب الظن أن خفض حصة مصر من المياه سيكون على حساب الزراعة فيها والتى سيتراجع دورها.

وعند مراجعة استخدامات الأرض والمياه فى إثيوبيا سنرى أن هناك مشروعات كثيرة ومتداولة منذ زمن بعيد تهدف إلى حجز المياه النابعة من روافدها – ويبدوا أن هذه المشروعات سترى النور فى الظروف الجديدة التى جاءت بها مبادرة حوض النيل – وقد توصل أحد خبراء الكونزوريتوم الدولى فى دراسة نشرت منذ سنوات بأن بناء السد العالى على النيل الأزرق ليس ضاراً بل على العكس من ذلك سيكون فى صالح جميع دول الحوض فتنتظم هذه السدود سريان مياه النيل الأزرق بانتظام على مدار السنة بدلا من النمط الحالى الذى يأتي بمعظمها فى يوم واحد . ويتأرجح تصرف النهر فى الوقت الحالى حول المليار متر مكعب فى شهر أغسطس ثم يعود إلى الهبوط تدريجيا إلى أقل من 2 مليار متر مكعب فى شهر ديسمبر . ولذلك فأنه يأتى أكثر من 85% من الماء فى الأشهر الأربعة من يوليو إلى أكتوبر ولو أن إثيوبيا بنت السدود المقترحة على النيل الأزرق وحجزت لنفسها 6 مليار متر مكعب فأنها ستطلق الباقى بمعدل 3.6 مليار متر مكعب شهرياً (بعد حجز 3% من الماء سيضيع بالبخر فى خزاناتها) لاستخدامات مصر والسودان. وإطلاق الماء بانتظام من إثيوبيا سينهى ظاهرة الفيضان والذبذبات التى تأتى معه فى خزان السد العالى بما سيحمى السودان من مخاطر الفيضانات العالية وبما سيقلل من ارتفاع المياه فى بحيرة ناصر إلى الحد الذى سيقلل البخر منها بما يقارب ما ستأخذه إثيوبيا من الماء .

بالإضافة الى ذلك فأنه سوف يمنع وصول الطمى الى السودان ومصر بما سيرفع من كفاءة سدود السودان على النيل الأزرق والتى يتجمع فيها الطمى فى الوقت الحاضر ويقلل من سعتها كما سيساعد مصر على الحفاظ على بحيرة ناصر من الاطماء ، ومن المعروف أن الطمى الذى يحمله الفيضان فى الوقت الحاضر يتجمع عند الشلال الثانى فى حدود مصر والسودان بكميات قد تعيق سريان النهر .

على أن مثل هذه السدود يمكن أن تكون لها أضرار كبيرة فبالإضافة إلى صعوبة تنفيذها على خانق النيل الازرق العميق وذو الانحدار الكبير وارتفاع تكلفتها فإن آثارها

الجانبية ستكون كبيرة جداً . لذلك سيكون سببا لتعرضهما إلى أخطار كبيرة ستفوق بكثير ما يمكن أن يجنياه من فوائد فحجز الطمى سيغير من نظام النهر وسيطلق جزءا من تلك الطاقة التى كان النهر يصرفها فى حمله فتزيد من قدرته على النحر سواء على جانبيه أو لتعميق مجراه بما يجعله نهراً صعب المراس ستحتاج حماية جوانبه والاراضى التى تحفه والمنشآت المقامة عليه إلى كثير من الجهد والمال . وبدون الدخول فى تفاصيل كثيرة فأن النظرة الفاحصة لمثل هذه السدود وما يمكن أن تجلبه سواء فى مجال الزراعة أو الطاقة الكهرومائية .

ولا يبدو مبرراً للتكاليف الباهظة التى ستتحملها دول الحوض لبقائها – ويجمع الاقتصاديون على أن زمن بناء السدود الكبرى قد راح أوانه بسبب انخفاض عائد الزراعة وعدم أمكان دول الحوض من الاستفادة من الطاقة الكهرومائية الكبيرة المولدة ذلك لان ليس لديها قوة استيعابية لها مما سيجعل أمر تصديرها إلى خارج دول الحوض بل وإلى خارج القارة الأفريقية واردا .

ولما كانت أثار مبادرة حوض النيل لم تتضح بعد وفى أطار الوضع القائم المعرض للتغير الكامل . إلا أن هذا الوضع يتطلب المتابعة والدراسة والمعرفة الهندسية والهيدرولوجية لمجرى النهر من المنبع الى المصب ، ذلك بالإضافة إلى الوجود المستمر من جانب مصر فى قلب دول الحوض فى مختلف الصور الثقافية والتجارية والاجتماعية .. وما الى ذلك

ويبدو لى أن مصر قد أدركت خطورة الوضع . فلقد طالعتنا جريدة اخبار اليوم الصادرة يوم السبت الموافق 2004/9/18 بالعنوان التالى (أول اجتماع للجنة العليا لمياه النيل غداً)

يرأس الدكتور أحمد نظيف غداً أول اجتماع للجنة العليا لمياه النيل يحضره وزراء الدفاع والإنتاج الحربى والموارد المائية والتعاون الدولى حيث يعرض الدكتور محمود أبو زيد وزير الرى والموارد المائية تقريراً حول برامج التعاون بين مصر ودول الحوض العشر فى إطار مبادرة حوض النيل التى تم إقرارها فى أكتوبر الماضى . ويناقش الاجتماع تدعيم التعاون بين مصر ودول الحوض فى إطار احتياجات هذه الدول التى انضمت خلال اللقاءات والاجتماعات الثنائية بين وزير الرى المصرى والوزراء المعنيين فى هذه الدول ومن خلال الوفود البرلمانية التى زارت مصر من

اثيوبيا واوغنده وكينيا وبورندى ورواندا . تشمل الاحتياجات فتح معارض دائمة للمنتجات المصرية فى هذه الدول وايفاد بعثات من وزارة الرى لبناء بعض المشروعات فيها مثل مثل السدود والطاقة وتطهير البحيرات .

ثانياً حوض نهر الاردن :

1 – نهر الأردن مياه وحدود ودول :

يتميز نهر الأردن بكونه حالة جديرة بالدراسة بشكل خاص ففى حوض هذا المجرى المائى المتواضع والذى لا يزيد تصريفه عن مليار ونصف متر مكعب من الماء ، تتركز جميع الانتقادات والنزاعات والتنافرات الشائعة فى تلك المنطقة من العالم . وعند النظر الى خريطة نهر الاردن سوف تلاحظ مدى تعقد وضع هذا النهر .

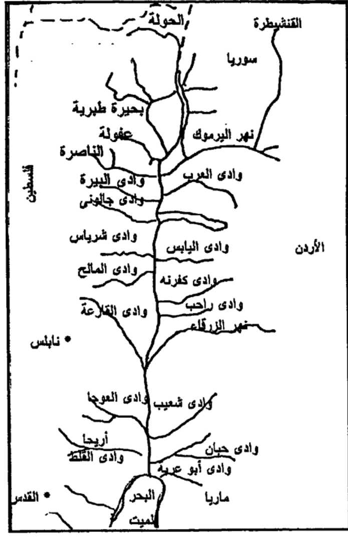
يتخذ مسار نهر الأردن شكلاً فريداً إلى حد كبير فمنابعه تقع فى أربع دول كالآتى :

فى لبنان (الحصبانى) وفى سوريا (باناس واليرموك) وفى اسرائيل (الدان) وفى الأردن (اليرموك وغيره من الروافد فى المنطقة الشرقية) وهذا النهر يجرى بمحاذاة الحدود – الجبهات التى تدور حولها أشد الخلافات بل أن هيدروغرافية نهر الأردن المكون من أهم روافده الثلاثة (الحصبانى ، ودان ، وبنياس) والجزء الواقع بين بحيرة حولة وبحيرة طبرية يتطابق مع تلاقى الحدود بين لبنان وإسرائيل وسوريا ، وبذلك فأن حوض نهر الأردن يغطى جزئياً أراضى أربع دول الى جانب الإراضى الفلسطينية المحتلة وهى : لبنان الذى تنبع فيه مياه نهر الحصبانى وهو أبعد المنابع لنهر الأردن ، سوريا التى تغذى نهر بانياس وجزء من نهر اليرموك وإسرائيل حيث يوجد منبع نهر دان الرافد الإسرائيلي الوحيد لنهر الأردن والذى يقع داخل خط هدنه عام 1948 ، وأخيرا الأردن الذى يغذى نهر اليرموك ومجموع الأودية والروافد التى تصب فى نهر الأردن بين البحر الميت وبحيرة طبرية .

2 – نهر الأردن :

يبلغ طول نهر الأردن حوالى 360 كيلومتر ويوجد منبعه فى جبل الشيخ بلبنان على ارتفاع 2814 متراً فوق سطح البحر ، ويقطع مسافة 21 كيلومتر فى هذا البلد تحت اسم الحاصبانى ويمر نهر الأردن فى منحدرات لبنان حتى البحر الميت ببحيرة الحولة التى ترتفع مترين فوق منسوب سطح البحر ، حيث يلتقى بثلاثة روافد عليا (الحاصبانى ، وبانياس ، ودان) قبل أن يصل الى بحيرة طبرية . ومجموع تلك

الروافد الثلاثه أعلى نهر الأردن تغذيها مياه رشح نهر العاصى او الليطانى او الأمطار المتساقطة على الهضبة . والواقع أن بحيرة الحولة لم تكن الا مستنقعات لا يتجاوز عمقها ثلاثة أو خمسة أمتار قبل أن تجفها إسرائيل فى عام 1953 وهكذا تم ضبط تدفق النهر بفيضانات عالية كانت تبلغ فى شهر فبراير ما يصل فى المتوسط الى 50 متراً فى الثانية حيث تمتد تلك الفيضانات عدة اسابيع بذوبان ثلوج جليد جبل الشيخ . وعلى الجانب الأخر فأن إيراد موسم التحاريق يكون ضعيفاً بصفة عامة حيث ينخفض الى حوالى خمسة أمتار مكعبه فى الثانية .



شكل (3-1) نهر الأردن وروافده

ويجرى نهر الاردن بأنحدار يقدر بحوالى 1.2 درجة على طول السبعة عشر كيلومترا التى نفصل بحيرة حولة عن بحيرة الطبرية الواقعة على منسوب ما بين 208 و210 متر

تحت منسوب سطح البحر. وهو يشق مجراه فى مضيق محصور وسط البازالت فهى أعمق من بحيرة الحوله وتمتد مساحتها على سطح قدره 266 كيلومترا مربعاً ويصب نهر الأردن فى هذه البحيرة عند ضفتها الشمالية حيث تبلغ درجة الملوحة 300 جزء فى المليون ، ولكن زيادة الملوحة العالية لمياه البحيرة ترجع إلى نسب التبخر الشديد الذى يصل الى 300 مليون متر مكعب فى العام وتحويل مجارى روافد نهر الأردن التى كانت تغذى البحيرة بالمياه العذبة وتحد من زيادة ملوحتها .

ومن بحيرة طبرية حتى البحر الميت (عند منسوب 400 متر تحت سطح البحر) أى بفارق 185 متراً مقارنة بمستوى بحيرة طبرية تكون المسافة على خط مستقيم طول 109 كيلومتر ، بينما طول نهر الاردن يصل هناك الى 320 كيلومتر فهو يتعرج على رسلة من سهل طميى يغرقه الفيضان، ومعروف فى الأردن وفلسطين باسم الزور وهذه منطقة ذات مناخ رطب تكسوها نباتات شبه استوائية ، ويشرف عليها من الجانبين "الغور" وهو عبارة عن جمع من المصاطب المسطحة والجافة التى تتخللها أراضى جرداء وسيول رافدة وموسمية، ومتوسط الميل قليل. يفسر لنا تنظيم فيضان بحيرة طبرية وتحويل جانب كبير من مياه الجزء الأعلى من نهر الأردن ، منسوب التحاريق الدائم فى النهر. فأنه يتم اقتطاع ما بين 60-80% من المياه التى تصب فى بحيرة طبرية لتغذية القناة القومية الإسرائيلية ، كما يحول جزء كبير من مياه اليرموك نحو الوادى عن طريق قناة الغور الأردنية الشرقية . وفيما عدا الفيضانات القصيرة الأجل الناجمة عن هطول الأمطار المحلية ومياه بعض الوديان التى لم يتم تهذيبها على الضفتين يكون النهر اشبه بجدول متواضع يمكن اجتيازه سيراً على الإقدام فى العديد من المواقع .

ويلتقى نهر الأردن بعد تركه بحيرة طبرية بمسافة سبعة كيلومترات مع نهر اليرموك الذى توجد منابعه فى جبل الدروز بسوريا ، وكان يزود نهر الأردن بحوالى 400 مليون متر مكعب من الماء فى السنة وذلك حتى شق قناة "الغور الشرقية" ويلتقى نهر الأردن فى مجراه نحو الجنوب بنهر أخر هام أصبحت مياهه محتجزه خلف سد . وهو نهر الزرقاء الذى يصل متوسط تصرفه السنوى الى حوالى 95 مليون متر مكعب من المياه ، ومن جهه أخرى فأن ما تسهم به الوديان القصيرة فى فلسطين وبالأخص منحدرات شرق الأردن ليس كما مهملا لان تلك الوديان تغذيها سلسلة من الينابيع " الطبيعية " عند محط المنحدر الشرقى. وتزود ينابيع شرق الأردن وحدها النهر بحوالى 80 مليون متر مكعب سنوياً. وإذا كانت هذه المياه الجانبية تستخدم الى حد كبير فى الزراعة وبالتالى لا تصل الى مجرى النهر ولذا تكون مياه نهر الأردن مالحة بدرجة كبيرة فى فترات التحاريق .

ولا يبدو أن هناك مطبوعات رسمية أو شبه رسمية والتى تتضمن بيانات صحيحة حول متوسط فيضانات نهر الأردن ومتوسط إيراداته حيث تتراوح التقديرات الغير رسمية بفوارق

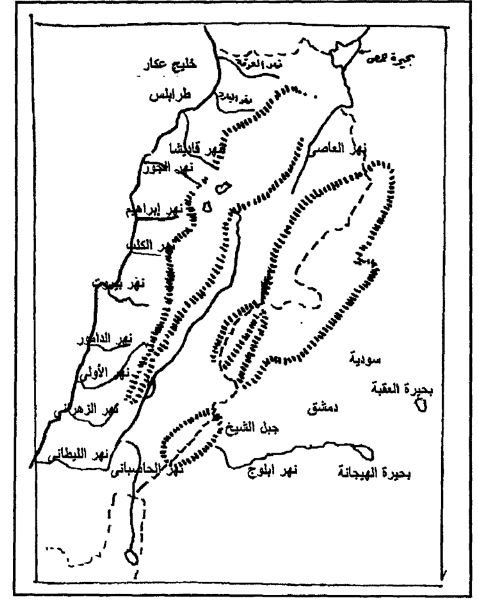
قد تصل إلى 20 % ويرجع ذلك إلى ندرة الماء أو باعتباره نادراً، حيث التقديرات الرسمية التى تقدمها كل دوله من دول حوض النهر المعنى تكون مختلفة ذلك لمحاولة كل طرف إن يتشبث بالأرقام الأكثر ملاءمة له عند أى مفاوضات أو مناقشات حول طرق اقتسام مياه النهر الواقع بين أراضى دولتين أو أكثر. ويحدث هذا بصفة عامة كلما اتجهنا إلى أسفل الحوض حيث ترتفع التقديرات المقدمة بخصوص التصرفات. وإن كان الاختيار على الجدول الذى قدمه ناف وماتسوك قد يكون هو الأشمل والأكثر ترابطاً .

جدول (1/2) تصرفات نهر الاردن حسب ماف وماتسوك (بالمليون متر مكعب)

المنبع	البلد	الوارد	الفاقد	المجموع
1. أعالى نهر الأردن				
أ. الدان	إسرائيل	245		
ب.الحاصبانى	لبنان	138		
ج. بانياس	سوريا	120		
2. الاجمالى من نهر الأردن إلى الحولة				504
3. الرى فى وادى حولة	إسرائيل		100-	
4. مجارى محلية فى جسر بنات يعقوب	إسرائيل	140		
5. الإيراد عند مدخل بحيرة طبرية				544
6. فى بحيرة طبرية				
أ. منابع محلية	إسرائيل/ سوريا	70		
ب. أمطار فوق البحيرة	إسرائيل	65		
ج. مصادر فى بحيرة طبرية وحولها	إسرائيل	65		
7. التبخر فوق بحيرة طبرية	إسرائيل		270-	
8. المنصرف أسفل نهر الاردن				474
9.اليرموك		492		966
10. الوديان والمنابع فى الغور	الأردن / إسرائيل	505		1471

3 – نهر الليطانى :

يبلغ طول نهر الليطانى 170 كيلومتر ، وهو اهم انهار لبنان بتصرفه البالغ 987 مليون متر مكعب فى العام، ويقع منبعه شمال بعلبك ويقطع سهل البقاع الى أن يصل إلى ناحية ديرمنياس (بجنوب لبنان) وجنوب مدينة مرجعيون حيث يتحول مجراه نحو الغرب حتى يصل الى مصبه فى البحر الابيض المتوسط ، شمال مدينة صور .



شكل (4-1) أنهار لبنان

ولا تغذى الليطانى سوى روافد قليلة فيما عداً أسفل الطريق بين بيروت ودمشق حيث يلتقى مع عدد من " النهيرات" القادمة أيضا من نفس المنابع ويحصل الليطانى فى جزئه الاعلا بالبقاع على كم كبير من المياه فى يناير ، وأحيانا قبل ذلك فى ديسمبر وحتى ابريل وذلك على اثر سقوط الأمطار الغزيرة الأولى التى تبلغ أقصاها فى فبراير بمعدل يتراوح ما بين 3 الى 4 متر مكعب فى الثانية. وقد شيد سد القرعون فى عام 1968 على النهر فى غرب البقاع إلى جانب عدد كبير من محطات الكهرباء "مرقب أولى" .

4 – المياه الجوفية :

يقع أهم خزان جوفى فى إسرائيل والاراضى المحتلة (الضفة الغربية وغزه) غرب الضفة الغربية (حوض العوجا – التمساح– نهر العوجه – نهر الزرقاء) وإجمالي طاقتها فى السنة 335 مليون متر مكعب من الماء . أما الخزان الجوفي الثانى فيوجد فى الشمال الشرقي من (جلبوع – بيسان / جبل الفقوعه – بيسان) ويوفر سنويا 140 مليون متر مكعب من الماء – والخزانات الأقل شأنا هما خزان جوفى تحت السفح لتلال الضفة الغربية من جنين حتى بير سبع والأخر الخزان الجوفى الساحل بطول ساحل البحر الأبيض المتوسط .

وهناك حوالى 382 بئرا توفر للفلسطينيين فى الضفة الغربية 50 مليون متر مكعب فى العام ، وهو يمثل ثلث استهلاكهم السنوى من المياه المخصصة للزراعة والصناعة والاستهلاك المنزلي أما الثلثان الباقيان فمصدرهما 295 نبعاً في المنطقة ، والمياه المنحدرة وخزانات جمع مياه الأمطار الملحقة بالعديد من المنازل .

أما الأردن فأن المياة الجوفية تمثل أهم مصدر للمياه المستخدمة فى الزراعة والشرب . هذا بالإضافة إلى أنها أضمن مصدر للمياه حيث لا تعتمد إلى حد كبير على التغيرات الجيو سياسية فى المنطقة ويعتبر الخزان الجوفى الممتد من عمان حتى وادي صبر أكبر الخزانات وهو يشمل جانباً كبيراً من الاراضى الأردنية على عمق يتراوح ما بين 50 متر ، 700 متر .

5 – الماء فى الأردن : الموارد والاستهلاك

سيتم الاستعانة بما أورده الدكتور الياس سلامة مدير مركز الأبحاث والدراسات المائية بجامعة عمان. يبلغ استهلاك الأردن السنوي (عام 1996) حوالى 870 مليون

متر مكعب ، 46% من هذا الماء يأتي من روافد نهر الأردن ،54% من الأمطار والمياه الجوفية . والأردن فى ذلك العام كان معدل استهلاكه يعادل 115% من مصادر المياه ، إلا أنه فى عام 2000 عندما زاد عدد السكان إلى حوالى 5.37 مليون نسمة ، ارتفع الاستهلاك ليصل إلى 1050مليون متر مكعب (منها 650 مليون للزراعة ، 400 مليون للأنشطة الأخرى) ، وهذا يعنى تجاوز الموارد المتاحة بنسبة 20 % .

على الرغم من المصاعب التى تواجهها الأردن ومنها المصاعب المالية إلا إن هناك جهودا كبيرة تبذل لتوفير المياه لكل المواطنين تقريباً وقطاعات الاستهلاك الأخرى الزراعية والصناعية . العاصمة عمان (حوالى مليون نسمة عام 1996) تستهلك وحدها 45% من اجمالى المياه المنزلية والذى تحصل عليه من الآبار الجوفية، فضلاً عن قناة دير العلا – عمان التى تنقل إلى العاصمة جانبا من ماء الغور الشرقى. أما مياه الرى فتكون من قناة الغور الشرقى (أو قناة الملك عبد الله) التى تنقل جزءا من مياه اليرموك على مسافة 120كم ، وهذه نزود الأراضى الزراعية بطول الوادي بمياه الرى كما توفر الماء الصالح للشرب للمدن والمناطق السكنية فى شمال غرب البلاد وفى الوادي. ويتم تزويد القناة بالماء عن طريق السدين الكبيرين فى الأردن سد الملك طلال على نهر الزرقاء بسعة 90 مليون متر مكعب فى السنة بعد تعليته خلال الثمانينات وسد وادي العرب الذى تم تشييده فى نفس الفترة وتبلغ سعته الكلية 20 مليون متر مكعب من الماء فى العام وذلك علاوة على نهر اليرموك . ويستفيد قطاع الرى من مياه الوديان المنسابة نحو وادي نهر الأردن ومنخفض البحر الميت والمحتجزة في عشرة خزانات توفر فى مجموعات 105 مليون متر مكعب فى السنة . وفى مواجهه زيادة الطلب تعمل الأردن على بناء عدة مشروعات من بينها سداد على وادي مجيب وولى ، حيث تبلغ سعة كل منها 20مليون متر مكعب ، وتعلية خزان وادي كفرين لترتفع سعته من 2.4 إلى 6.9 مليون متر مكعب سنويا . غير ان المشروع الرئيسى المائي هو سد الوحدة فى المقارن على نهر اليرموك ، وهذا المشروع الذى يعود الى عام 1953 بهدف إلى حجز 225 مليون متر مكعب من الماء كل عام ، بما يمكن من زراعة 3500 هكتار فى وادي نهر الأردن إلى جانب 16500 المروية حاليا، وكذلك زيادة كميه الماء الصالح للشرب فى منطقة عمان – زرقاء (1.5 مليون نسمة) مقدار50 مليون متر مكعب هذا بالإضافة إلى إقامة محطة توليد كهرباء مائية طاقتها 8 ميجاوات لحساب سوريا وفقاً لنصوص الاتفاق المبرم بين الدولتين فى

سبتمبر 1987. ولا يزال هذا المشروع مؤجلا نظراً لأن الجهات الممولة ومنها البنك الدولى وهيئة المعونة الأمريكية للتنمية ترفض التمويل " طالما لم يتم التوصل إلى اتفاق مع إسرائيل على تقسيم مياه اليرموك .

6- الماء فى إسرائيل وفى الأرض المحتلة :

يصعب تدقيق البيانات عن إمكانيات إسرائيل المائية والتى تراوحت بين 2.5 مليار متر مكعب إلى 5 مليار متر مكعب فى العام طبقا لمختلف المصادر وان معدل الزيادة فى استهلاك المياه هى 20% سنوياً .

بالنسبة للضفة الغربية فيمكن تقدير الموارد المائية بحوالى 850 مليون متر مكعب فى العام منها 600 مليون متر مكعب من المياه الجوفية فى الضفة الغربية المتجددة باستمرار ، 200 إلى 250 مليون متر مكعب فى العام من نهر الأردن ورواقده .

إلا أنه من بين هذا المجموع المتاح هناك 620 مليوزن متر مكعب فقط يسهل استغلاله لأن جزءا منه من مياه نهر الأردن السطحية ورافده والتى يصعب إدارتها وكذلك لأن السحب من المياه الجوفية يجب أن يكون بحذر شديد لتحاشى زيادة ملوحة المياه. كما أن إسرائيل تقوم بضخ 500 مليون متر مكعب من آبار موجودة داخل الخط الأخضر وهى تستغل طبقة المياة الجوفية الموجودة تحت خط القمة الجبلية للضفة الغربية وهذه تشكل حوالى 20 % من الماء المستهلك فى إسرائيل ، وهو ما يفسر تمسكها بعدم استعدادها قبول إدارة عربية مستقلة للمياه. ومن بين 47.1 مليون متر مكعب التى تنتجها 331 بئراً فى العام فى الضفة الغربية فأن 30% من هذه الكمية يسحب من أبار المستوطنين اليهود الذين لا يشكلون سوى 6% من السكان ، بما يدل على مدى قوة الضخ التى يتمتع بها المستوطنون اليهود .

ومتوسط استهلاك الفرد يؤكد الفارق الشاسع ' اذا تعلق الأمر بالفلسطينيين أو المستوطنين فى الاراضى المحتلة او الإسرائيليين (المقيمين داخل حدوداً ما قبل 1967) فبينما يستهلك المواطن الإسرائيلي 375 متر مكعب سنوياً ، فأنه يتعين على الفلسطينيين أو يكتفي ب157-156 مترا مكعباً فى العام (160-234) مليون متر مكعب لمليون ونصف فلسطيني يعيشون فى الضفة الغربية وقطاع غزه. ومن جهة أخرى يدفع المستوطن الإسرائيلي 15 أجورو (Agoro) للمتر المكعب من الماء المستخدم فى

الزراعة ، 23 أجورو للماء المستخدم فى المنازل بينما يدفع الفلسطيني ثمناً إجمالياً قدره 70 آجورو بلا تمييز بين ماء الرى والماء المنزلى .

7 – حوض نهر الأردن وسط النزاع العربي الاسرائيلى :

بغية تفادى أى لبس ، فأن النزاعات والمطالب سواء كانت عربية أو إسرائيلية شملت فى أن واحد مياه نهر الأردن ونهلا الليطانى فى لبنان ولذا سيتم تناول المشاكل المتعلقة بكلا النهرين

- المياة والحدود في المشروع الصهيوني

لم تتخل أبدا الحركات الصهيونية وقيادتها عن فكرة السعى إلى فرض سيطرتها كاملة على كل مياه نهر الأردن والليطانى ، حتى بعد قرار هيئة الأمم المتحدة فى عام 1947 بتقسيم فلسطين الى دولتين (أحداهما فلسطينية والأخرى إسرائيلية . وقد حاولت الدولة العبرية منذ إنشائها إن تحقق ذلك عمليا باحتلال أو ضم أو مصادرة الموارد المائية النهرية والجوفية فى المنطقة . وكان القادة الصهيونيون قد طالبوا مراراً قبل قيام الدولة العبرية بان تكون فلسطين حدوداً تضع فى اعتبارها منابع المياه فمنذ عام 1867 نظمت مؤسسة استكشاف فلسطين " البعثة الصهيونية الأولى المكونة من مهندسين لتقييم الموارد المائية فى المنطقة . وقد وضعت تلك اللجنة فى اعتبارها فى تقريرها التى سلمته فى 1871 ، مياه نهرى الأردن والليطانى وقدرت أنه يتوافر لدى فلسطين ما يكفى من الماء لاستيعاب ملايين الأفراد " وأن مياه الشمال يمكن أن توجه إلى الجنوب وذلك لرى صحراء النقب. وفى حدود التفاصيل الحالية تقريباً وبدون استخدام مياه الليطانى فأن البنية التحتيه الهيدروليكية الحالية فى إسرائيل تتوافق تقريباً مع نصوص التقرير المذكور أنفا. فمياه نهر الأردن تنساب الآن من شمال البلاد حتى جنوبها وتصل الى النقب حيث ارتاحت أنتاج زراعي مكثف وحديث ويعتبر من اكبر الإنجازات الإسرائيلية نجاحاً .

وفى عام 1916 ، فى خضم الحرب العالمية الأولى طلب ممثلوا الحركة الصهيونية من البريطانيين ان يدمجوا مجموع نهر الاردن فى فلسطين وأن يرسموا الحدود حسب مسار نهر الليطانى ولما رفض مطلبهم هذا ، أعادوا الكرة فى عام 1919 وطلبوا فى مؤتمر السلام فى باريس بأن تمتد الحدود الشمالية لفلسطين حتى نهر الليطانى والسفح الغربي لجبل الشيخ (الذى يغذى نهر الحصبانى ، الرافد اللبناني

لنهر الأردن) . والوادي السفلى لليرموك . ولم يلق هذا المطلب الثانى أى نجاح شأنه شأن المطلب الأول ولم يتبناه المؤتمر المذكور . وفى نفس العام ، كتب القائد الصهيونى شاييم وايزمان يقول فى خطاب يتعلق " بالموطن الهيودى " المزمع تأسيسه، وموجه الى رئيس الوزراء البريطانى " ديفيد لويد جورج " إن المستقبل الاقتصادي لفلسطين يتوقف على تزويدها بالمياه للرى ولتوليد الكهرباء ... ويجب ان يتوفر هذا الماء أساسا من منحدرات جبل الشيخ ومنابع نهر الأردن ، والليطانى ونحن نرى انه من الأمور الأساسية أن تشمل الحدود الشمالية لفلسطين وادي الليطانى لمسافة 35 ميلا (40.2 كيلو متر تقريبا) وكذلك السفحين الجنوبى والغربى لجبل الشيخ . ومع ان مؤتمر باريس تجاهل مطالب الزعماء الصهاينة أنذالك ، الا ان رسم حدود " الانتداب " المفروض على فلسطين يتفق مع مرامى هؤلاء الزعماء . فالاتفاق بين الدولتين المنتدبتين ، فرنسا وانجلترا تحت إشراف عصبه الأمم بخصوص الولايات العثمانية (فلسطين ، شرق الأردن، لبنان ، سوريا) يدل على أن رسم الحدود بين فلسطين وسوريا ولبنان وضع فى الاعتبار الشبكة الهيدرولوجية فى شمال حوض الأردن وذلك بتمرير خط الحدود بحيث تمتد فلسطين حتى الجزء العلوى من نهر الأردن المتضمن منابع دان وبحيرة الحولة فى مجموعها والأجزاء " القابلة للاستغلال " أى المنحدرات الضعيفة نهرى الحصبانى وبنياسى ، ويتخذ مسار الحدود فى هذا الموقع شكل حدوة الحصان ، ويمتد لمسافة تتراوح بين 50، 150، مترا على ضفتى نهر دان وبحرة طبريه . والحدود التى قدرتها دولتا الانتداب بين فلسطين إمارة شرق الأردن ، التى خلقها البريطانيون وصرحوا بقيامها فى 1922 وأصبحت فيما بعد المملكة الأردنية الهاشمية ، تحاذيه.

8- نهر الأردن بين اليرموك والبحر الميت .

وفيما يتعلق بنهر الليطانى ، لم يحرم الحركة الصهيونية ودولة إسرائيل منذ 1947 من النفاذ بشكل مباشر إلى مياه الليطانى سوى إصرار فرنسا على الحفاظ على جنوب البنان وغرب جبل الشيخ ومنابع الحصانى وبانياس فى نطاق القطاع الجغرافى لانتدابها غير انه سيتبين لنا فيما بعد ان مياه النهرين ستدمج شيئا فشيئا فى المجال الهيدروليكى الاسرائيلى أولا فى عام 1967 فيما يتعلق بالمنابع الشمالية لنهر الأردن ، وفى عام 1982 فيما يخص نهر الليطانى

وجدير بالذكر فى هذا الصدد أن العديد من الشكوك تحوم حول السياسة الإسرائيلية إزاء هذا النهر اللبنانى . والواقع ان بعض المراقبين يتهمون سلطات الدولة العبرية باستغلال مياه الليطانى ، مع أن الإسرائيليين ينكرون تماما قيامهم بتنفيذ أعمال بهذا الخصوص ، إلا انه هناك بالفعل مشروعا إسرائيليا لاستغلال مياه الليطانى ' يتمثل فى حفر قناة جوفيه تربط " ديرميناس بوادى الحولة " بين حسر بنات يعقوب والسلطان إبراهيم . وبمقتضى هذا المشروع يتم ضخ المياه بمعدل 480 مليون متر مكعب فى العام (تصرف الليطانى 865 متر مكعب فى العام) ، تصب فى بحيرة طبرية ثم إلى بقيه أنحاء البلاد. خاصة جنوبها عن طريق نهر الأردن .

ثالثا: حوض دجله والفرات : شكل [1/5]

1 - مقدمة :

تقع منابع كل من نهرى دجلة والفرات فى الاراضى التركية ثم يستمر مجراهما فى دولتين عربيتين وهما سوريا والعراق ، حيث يبلغ تعداد السكان بهما حوالى 35 مليون نسمة. علاوة على الحدود الواقعة بين سوريا والعراق التى لا تعتبر على اى حال حدوداً تنعم بالهدوء. فإن النهرين يعبران حدوداً يزيد موقعها الجغرافى كثيرا من المشاكل بين تركيا من جهة وسوريا والعراق من جهة أخرى . بالإضافة إلى ما يتعلق بحدود دولية بين دول ثلاث مستقلة ، فأن الحدود التركية العربية تمتد متجهة نحو الشمال الشرقى لتشمل أيضاً الحدود الفاصلة بين تركيا وإيران وتقسم الكردستان إلى عدة أقاليم تركية وسوريه وعراقية وإيرانية ... ويشكل ذلك الواقع الجغرافى مصدراً لتعقيد الخريطة الجغرافية فى هذه المنطقة من العالم. ويتضح هذا التعقيد عند دراسة الخريطة الهيدروسياسية لحوض دجلة والفرات. مع أن معدل هطول الأمطار مرتفع للغاية فى المنابع التركية والإيرانية حيث يبلغ 1200 مليمتر فى العام ، إلا انه متواضع فى بقية أنحاء الحوض حيث ينخفض من الشمال الغربى فى اتجاه الجنوب الشرقى ليسجل معدلا يبلغ فى المتوسط 200 مليمتر فى العام جنوب العراق .

2- الفرات:

يلتقى نهرى دجلة والفرات بالعراق، ويصب فى مهبطهما المشترك نهر القارون الذى تغذيه منابع إيرانية وعراقية. وتتلاقى الأنهار الثلاثة معاً فى شط العرب (بسعة 43.8 كيلو متر مربع) لتصب فى الخليج العربى الفارسى.

ويبلغ طول نهر الفرات 2215 كيلومترا (400 فى تركيا ، 475 فى سوريا ، 1400 فى العراق) وإيراد الفرات السنوي من المياه هو 31.82 مليار متر مكعب فى المتوسط . ويبغ الحد الأدنى للنهر 16.871 مليار متر مكعب فى السنة فى مقابل 43.457 مليار متر مكعب كحد أقصى سنويا . ويقدر متوسط إيراد النهر السنوي عند الحدود السورية التركية بحوالى 30.4 مليار متر مكعب فى العام ويشارك كلاً من تركيا وسوريا على التوالي فى متوسط هذا الإيراد بنسب 88% ، 12% على التوالي. أما العراق والعربية السورية فلا يساهمان فى فيضان نهر الفرات إلا بقدر قليل .

ولو ادمج فى إيراد النهر موارد الروافد الرئيسية الخابور (1.5 مليون متر مكعب) والساحور (90 مليون متر مكعب) والبليغ (150 مليون متر مكعب) لوجدنا أن اكثر من 98% من إيراد الفرات يأتى من تركيا .

3 – دجلة :

يبلغ طول نهر دجلة 1718 كيلو متر ومساحة حوضه 258 ألف كيلو متر مربع. متوسط الإيراد السنوي لنهر دجلة يتراوح ما بين 47، 49.7 مليار متر مكعب فى العام. ويقدر متوسط إيراد دجلة عند الحدود التركية ب 16.8 مليار (18.5مليار فى الموصل) علماً بأن روافده فى إيران تزوده بحوالى 26.7 مليار متر مكعب . اما باقى الإيراد فتوفره الروافد العراقية بما فى ذلك تلك التى تقع مصادرها جغرافيا داخل إيران وهى الأدهم والزاب الصغير والزاب الكبير ونهر ديالى . وعلى نقيض نهر الفرات فأن حصة فيضان دجلة الوافدة من تركيا لا تمثل سوى 45% من المجموع . فبينما لا تستطيع تركيا التدخل سوى جزئيا فيما يتعلق بمجرى نهر دجلة وإيراده إلا إنها تتحكم تماماً فى التصرف فى فيضان نهر الفرات وهى تغذى إيراده بنسبة 88%. مع أن هناك بعض الإنشاءات القائمة أو الجاري تنفيذها على نهر دجلة ، خارج نطاق جزئه التركى إلا أن السيطرة على مجراه تواجه عقبات وذلك بسبب انحداره الشديد وطبوغرافيته المتميزة بوعورة تضاريسها. وينطبق ذلك تقريباً على كل الروافد الإيرانية والعراقية للنهر إذ أنها تزوده بما يزيد عن نصف إيراده السنوي. ويبين الجدول التالى بيانات عن دجلة والفرات وأن كان هناك بعض الاختلاف لما سبق ذكره. يبلغ الإيراد السنوي لنهر قارون الواقع أسفل مجرى دجلة 15.5 مليار متر

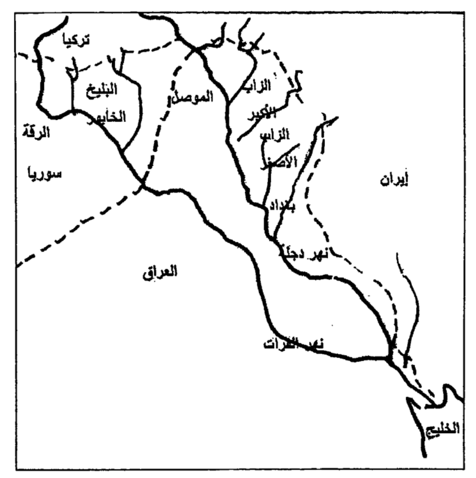
مكعب سنوياً . ومصدر هذه المياه هى جبال الزاجروس وهى تصب مباشرة فى شط العرب .

جدول (1/3) ايراد نهرى دجلة والفرات من المياة

النهر – الاسم	مساحة الحوض بالالف كيلو متر مربع	الطول بالكيلو متر	الايراد بالميار متر مكعب
دجلة	258	1718	48.7
الزاب الكبير	26	260	13.18
الزاب الصغير	31	380	7.17
الآدهم	13	210	0.79
ديالى	32	440	5.74
كرخة	46	780	6.3
طيب	5	80	1
دويرج	5	110	1
الفرات	444	2230	29
الخابور	36.9	430	1.5
البلسيخ	14.4	202	0.15
الساحور	12.35	108	0.125
شط العرب	702	190	32
قارون	58	400	24.7
خور الكرخة	46	780	———

4– نوعية مياه حوض دجلة والفرات

تنخفض نوعية المياه تدريجياً مع التقدم باتجاه أسفل النهر إذ ترتفع نسبة الأملاح المذابة من اقل من 250 ملجرام / لتر فى تركيا إلى ما يزيد عن 600 ملجرام / لتر فى الجزء الجنوبى من العراق، 500 ملجرام / لتر جنوب البصرة. مياه دجلة أشد ملوحة من مياه الفرات، وخاصة تلك التى يتزود بها عن طريق الروافد السفلية ، حيث لا يمكن استغلالها بكميات كبيرة سواء للرى أو للاستخدام المنزلى والشرب. ويتسبب الانحدار الشديد فى الحوض فى تآكل الأرض وتفتت الطمى شديد الملوحة الذى يجرفه النهر فى الدلتا الواقعة بين نهرى دجلة والفرات. ويتسبب هذا الطمى المترسب فى الارتفاع الكبير فى ملوحة الوادى السفلى .



شكل (5-1) لحوض نهري دجلة والفرات

5 – الماء فى ارتباط بالعلاقات متعددة الآطراف فى حوض دجلة والفرات :

يعود النزاع حول مياه نهرى دجلة والفرات الى عدة عقود من الزمن . وهو لا يثير مواجهات بين تركيا وكلا من سوريا والعراق الواقعتين اسفل الحوض فقط ولكن أيضا بين هاتين الدولتين العربيتين. وإذا كانت أطراف النزاع قد ارتضت أحيانا التفاوض فيما بينها إلا أن هذا الطرف او ذاك حاول فى كل مرة أو يشترط الحصول على بعض المزايا الإقليمية أو السياسية مقابل إقرار أي اتفاق. ولهذا لم تنتهى أي محادثات إلى أي اتفاق نهائى أو تراضى. ويعود ذلك إلى تعقد الخريطة الجيوسياسية للمنطقة، الناجمة عن تقطيع أوصال الإمبراطورية العثمانية ودور السياسات التى انتهجتها الدول الاستعمارية (بريطانيا – فرنسا) فى الفترة بين العشرينات والخمسينات

من القرن العشرين. ولا تزال كل دول المنطقة ترسم خرائطها حسب تصوراتها الخاصة باراضيها وحقوقها . غير أن الحدود المجسدة على أرض الواقع من خلال الوجود الفعلى لعناصر السيادة هى التى تفيد بخصوص النزاعات بين دول وشعوب المنطقة. وكمثال فأن سوريا التى تتحكم فى أعالي نهر العاصى نظراً لوجودها فى لبنان، تستهلك حوالى 90% من الإيراد السنوى للنهر . وذلك ضد إرادة الحكومة التركية ورغم احتجاجتها المتكررة فدمشق ترفض الاعتراف بأى حق لتركيا فى لواء الاسكندرونة الذى يطلق عليه الأتراك إقليم "هاتاى" حيث كانت فرنسا قد تنازلت عنه لتركيا فى عام 1939 ولا تزال تركيا تعتبره جزءا من ترابها الوطني . ويجدر بناء أن نشير إلى أن نهر العاصى الذى يوجد منبعه فى اقليم البقاع اللبنانى ويتواصل مجراه فى سوريا حتى إقليم هاتاى يسجل أيراد يقدر بحوالى 410 مليون متر مكعب فى العام.

وتكمن خلف مواقف العواصم الثلاث اعتبارات داخلية وخارجية كبيرة واستراتيجيات اقليمية معقدة ومتناقضة فى كثير من الأحوال. غير أن وضع تركيا الجغرافى ووقوع منابع النهرين فى أراضيها ودورها فى تشكيل الخريطة الجغرافية والسياسية الراهنة يكسبها وزنا عظيم الشأن تضعه فى خدمة سياستها الإقليمية . ولما كانت تركيا حليفاً قويا للغرب أثبت مصداً قيمته خلال حرب الخليج ضد العراق ، فهى تحاول بقدر من النجاح أن تستثمر الواقع الاستراتيجي الذى تحتله بين دول الشرق الأدنى وأوربا ، وبين المشرق العربى .

وتسعى أنقرة إلى فرض وجهه نظرها فى السياسة المائية للمنطقة بمساعدة من الغرب أن لم يكن بتواطئه الصامت . وبالطبع فأن البنك الدولى وهو الأداة المالية التى تمسك زمامها الدول الكبرى فى العالم يرفض رسمياً تمويل المشاريع المائية التركية طالماً لم يتم التوصل إلى اتفاق مع الدولتين المتجاورتين لها حول تقاسم مياه دجلة والفرات وإدارتها . إلا أن الكرم الغربى نحو الحكومة التركية يتجلى فى المساعدات والقروض الخاصة بقطاعات أخرى من ميزانية الدولة بما يوفر لها إمكانية تأسيس صندوق " قومى" مخصص لمشروع تطوير وترويض منابع دجلة والفرات الذى تزيد تكلفته عن 30 مليار دولار. إلا أن دول الحوض الأخرى لا تعوزها وسائل الضغط ومنها لواء الاسكندرونة الكردستان ، البترول ، الأصول الإسلامية .لا تعانى تركيا نقصاً فى الماء حتى إن كانت الموارد المائية التركية غير موزعة جيداً حسب المناطق والمواقيت إلا أنها تبلغ سنوياً 185 مليار متر مكعب يوفرها 26 حوض نهرى مستقل

ويوفر نهر دجلة والفرات ثلث تلك المياه السطحية . ولا تستهلك تركيا سوى 95 مليار متر مكعب فى العام من تلك الموارد .

يقدر ما يتوفر لسوريا من مياه سطحية 33.7 مليار متر مكعب ، منها 26 مليار من الفرات وروافده ، 4.1 من العديد من الأنهار الأقل أهميه .

ووفقا لاتفاق ثنائى عقد فى عام 1987 ، وتم تجديده فى عام 1990 بين تركيا وسوريا ، فإنه يصل إلى سوريا 15.75 مليار متر مكعب من مياه الفرات (500 متر مكعب فى الثانية) وهى تحصل بمقتضى اتفاق ثنائى آخر تم توثيقه مع العراق عام 1990 على 6.6 مليار متر مكعب من هذا القدر (اى 42%) فى مقابل ال 9 مليارات الباقية التى ينالها العراق .

تبلغ اجمالى المياه السطحية فى العراق 106 مليار متر مكعب ، علما بأن سوريا وتركيا يوفران 50% من تلك المياه ، وإيران 30% ، والعراق 20%. ويزودا نهر دجلة والفرات العراق بحوالى 81 مليار متر مكعب (31 مليار من الفرات وحوالى 50 من دجلة) بينما المجارى المائية الواقعة جنوب العاصمة بغداد هى التى توفر الباقى غير أن نوعية هذه المياه سيئة للغاية لأنها تمر بمستنقعات وهى متجهة جنوباً ، فتتلقى منها كميات كبيرة من الأملاح. وتقدر كمية المياه الصالحة للاستعمال ، مع الأخذ فى الاعتبار الفاقد الذى يصل إلى 10 مليار متر مكعب سنوياً حيث تكون هذه الكمية حوالى 43.1 مليار متر مكعب سنوياً. وتعتبر هذه الكمية الحد الأدنى المضمون أما المتوسط السنوى المتاح فهو 54 مليار متر مكعب والحد الاقصى فى احسن الاحول 67.5 مليار متر مكعب .

كان العراق قد نفذ عدداً من المشاريع المائية لتخزين المياه وضبط حدتها ومما لا شك فيه أن أهم نظام هيدروليكى حديث يجرى تنفيذه فى العراق هو نظام الربط بين اكبر نهرين فى البلاد ، وهما دجلة والفرات . ويعتمد على المشروع الذى ينفذ على عدة مراحل على مختلف المنشات الهيدروليكية المرتبطة بوادى منخفض ثرثار الكبير، وهو منخفض يمتد طوليا من الشمال الى الجنوب ويقع بين الفرات ودجلة وينتهى بسد طبيعى بارتفاع 3 أمتار فوق سطح البحر .

وقد نفذ الربط الأول بين دجلة ووادي الثرثار الذى تبلغ طاقة احتجازه للماء 30 مليار متر مكعب عند المنسوب 36 . كما إن هناك سد سامراء يتيح تحويل جزء من

مياه دجله إلى المنخفض بواسطة قناة يبلغ تصرفها 9 الاف متر مكعب فى الثانية. أما مياه الفرات فقد تم تحويلها بنفس الطريقة إلى بحيرة " الحبانية" ومنخفض أبو دنيس وهما يستوعبان معاً 6.75 مليار متر مكعب ويتم تزويد البحيرة بالماء بواسطة قناة تنطلق من الفرات وذلك بمعدل نظرى حوالى 2800 متر مكعب فى الثانية .

وتمثلت المرحلة التالية فى استخدام وادى الثرثار كمخزن مشترك وقد تسارعت أعمال التجهيز الهيدروليكى مع قيام سوريا ببناء سد " طبقة " وملئه خلال سنوات1973 – 1976 مما أدى إلى هبوط الماء الذى يأتي به الفرات إلى العراق إلى لا شئ تقريباً ، حيث أصبح معدل تدفق النهر حوالى 100 متر مكعب فى الثانية ، مما أدى إلى معاناة 135 ألف هكتار من الجفاف الكامل وبهدف الحد من تأثير ذلك الانخفاض الخطير فى تصريف الفرات ، ثم عام 1976 شق قناة تمتد من وادى الثرثار حتى الفرات ويبلغ طول هذه القناة 360 كيلومتر ويبلغ معدل صرفها 600 متر مكعب فى الثانية بما يزود الفرات سنوياً بحوالى 6 مليار متر مكعب من الماء وحيث انه تم رفع منسوب الماء بارتفاع 65 متر فوق سطح البحر ، فقد بلغت سعة التخزين فيه 85 مليار متر مكعب من الماء على مساحة 2700 كيلو متر مربع .

وأخيرا تم فى 1982 حفر قناة لسحب المياه من المنخفض إلى نهر دجلة ، فأقيمت بذلك شبكة ربط هيدروليكية وأصبحت مياه الخزان شديدة الملوحة أصلا ، عذبه بدرجة كافيه ابتداء من عام 1983 لتكون صالحة للرى . وكان من الممكن أن تحقق تنمية زراعية غير مألوفة فيما بين النهرين لولا توقف العمل فى إنجازها وتدمير جزء كبير من مرافق العراق الهيدروليكية بسبب حرب الخليج .

6– القانون الدولى والمشاكل المائية :

يدور النزاع حول الماء بين دول حوض دجلة والفرات الثلاث وذلك حول الوضع القانونى للنهرين الذى يحدد أصلا كيفية تقاسم المياه المتاحة . الفرات ودجلة ليسا نهرين دوليين بالنسبة لتركيا لان اى منهما لا يصلح للملاحة على مدى طوله ، ويستند هذا الوضع الى إعلان هلسنكى الصادر عند رابطة القانون الدولية الذى يقرر أن النهر الدولى " يكون صالح للملاحة ويربط دولتين على الاقل بالبحر " والأنهار الدولية وحدها هى التى تستدعى إتفاقاً مسبقاً بين الدول التى يمر بها النهر ولذا فأن تركيا تعتبر نفسها حرة فى استخدام مياه النهرين كما يروق لها دون أن تطلب مقدماً موافقة الدولتين اللتين يمر بهما الجزء السفلى من النهر .

وتحاول كل من سوريا والعراق من جانبها ترجيح الصفة الدولية اعتماداً على الشق الأخر من التعريف ، الا وهو أن النهرين يمران باكثر من دولتين ويربطهما جميعاً بالبحر (الخليج العربى – الفارسى) كما انهما صالحان للملاحة لمسافات طويلة. وتطالب الدولتان بتوزيع منصف ونهائى لمياه النهرين وترفض تركيا الأقوى عسكريا واقتصادياً من الدولتين أسفل النهر(سوريا ، العراق) اى فكرة تدعو إلى عقد معاهدة نهائية تلزمها إلى مالا نهاية. أو تكتفى باقتراحات ترتيبات مؤقتة . وهكذا الحق الفشل الزريع بكل محاولات التفاوض خاصة محاولات 1962 ، 1980 ، 1992 وكان الالتزام الوحيد الذى ارتضته انقرة هو السماح بتصرف متوسط قيمته 500 متر مكعب فى الثانية من مياه الفرات ، بمقتضى بروتوكول وقعته فى عام 1987 مع كل من سوريا والعراق ومنذ أن تم بناء سد اتارتورك لم تعد تركيا تراعى هذا البروتوكول رغم تواضعه .

الباب الاول
الموارد المائية فى الوطن العربى

الفصل الثانى

مياه الامطار والسيول والمياه الجوفيه فى الوطن العربى

أولاً : مياه الامطار والسيول

ثانياً : المياه الجوفيه

الفصل الثانى

مياه الامطار والسيول والمياه الجوفيه فى الوطن العربى

اولاً : مياه الامطار والسيول :

تقع اغلب أراضى الوطن العربى فى المنطقة الجافة وشبه الجافة التى يقل معدل سقوط الأمطار فيها عن 300 مليمتر سنوياً، فإذا كان نجاح الزراعة بنسبة 66% مرتبطاً بمعدل سقوط الأمطار لا يقل عن 400 مليمتر سنوياً على أن يكون موزعاً بصورة منتظمة، وتقبل هذه النسبة مع انخفاض معدل سقوط الأمطار ما بين 250-400 مليمتر، إما إذا قل معدل سقوط الأمطار عن 250 مليمتر عندئذ فلا مجال الا للرعى . لذلك فأن التقدير الذى يذهب إلى تحديد نسبة الأمطار التى يمكن الاستفادة منها ب 15% على مستوى الوطن العربى يبدو الأقرب إلى الصحة .

ولكن يتراوح معدل سقوط الامطار من 1500 مليمتر سنوياً فى بعض المناطق مثل مرتفعات اليمن الشمالية ولبنان والمغرب والجزائر وتونس والسودان، إلى نحو 200 مليمتر شمال مصر والى 5 مليمتر شمال السودان وليبيا ، وما يعكس إنحرافاً كبيراً عن المتوسط (300مليمتر سنوياً) سواء كان هذا الانحراف سلبيا او ايجابياً .

واذا قسمنا الوطن العربى الى أقاليم نجد أن كمية الهطول الاجمالية البالغة 223 مليار متر مكعب سنوياً موزعة على النحو التالى .

- 9.6% فى اقليم شبه الجزيرة العربية من الهطول الكلى (السعودية – الكويت – الامارات – البحرين – قطر – عمان) وتقع معظم هذه الامطار على سلسلة جبال البحر الاحمر وخليج عدن وجزء من الخليج العربى وخليج عمان .
- 7.8 % فى اقليم المشرق العربى من الهطول الكلى (العراق – سوريا – لبنان – فلسطين – الاردن)
- 23.4% فى اقليم المغرب العربى من الهطول الكلى (ليبيا – تونس – الجزائر – المغرب – موريتانيا) .

- 59.2% فى المنطقة الوسطى من الهطول الكلى (مصر – السودان – الصومال – جيبوتى) ويقع معظم هذه الامطار على الجزء الجنوبى من السودان وحصة مصر حوالى 1.5 – 2 مليار متر مكعب سنوياً .

ثانياً الخزانات الجوفية : Grown water Aquifers)

الخزان الجوفى هو طبقة أو عدة طبقات من التربة حاملة للمياه الجوفية كما يسمح لهذه المياه بالحركة طبقاً لنفاذية طبقات التربة الحاملة للمياه . الخزان الجوفي أما أن يكون متجدداً اى أنه تتم التغذية للخزان المستمر بالمياه من المصادر السطحية سواء كانت المجارى السطحية أو مياه الأمطار والسيول ، وقد تحدث التغذية أيضا من خزان جوفي مجاور. الخزان الجوفي المتجدد لا ينجم عن استثمار هبوط ملحوظة من منسوب المياه الاستاتيكى عدا فى حالة زيادة معدل السحب عن معدل التغذية أما الخزان الجوفى الغير متجدد والذى يحتوى على مياه احفوريه (fossil) غير متجددة ويترتب على استثمار هبوط مستمر فى منسوب المياه الاستاتيكى مع زيادة معدل الضخ . ومن أمثلة الخزان الجوفي الآحفورى ذلك الواقع فى إقليم شبه الجزيرة العربية والصحراء الكبرى نظراً لوقوعه في المنطقة الجافة من الوطن العربى ومقدار تغذيته ضعيفة . والاتى البيانات المتاحة عن الخزانات الجوفية .

الخزانات الجوفية فى المنطقة العربية :

1. العرق الغربي الكبير : ويقع جنوب سلسلة جبال أطلس فى الجزائر ويتغذى من مياه الأمطار التى تهطل على سلسلة الجبال الشمالية . وتبلغ مساحته 330 كيلو متر مربع وحجم المخزون به 1.5 مليار متر مكعب ويتغذى طبيعياً بنحو 0.5 مليار متر مكعب سنوياً .
2. الخزان الجوفي الساحلى فى المغرب على ساحل البحر الأبيض ويسمى خزان جوفي ساحلي مارينل (Martil) ويشغل مساحة 80 كم^2 . حوض المارتيل مستوى طبوغرافيا وبه نهران هما هر مارتيل الرئيسي ونهر اليلاً (Alila) .
3. العرق الشرقي الكبير : وهذا يقع شرق العرق الغربي الكبير والجهة الشرقية منه تتاخم الحدود بين الجزائر وتونس وتبلغ مساحته 375 كم^2 وحجم المخزون به 1.7 مليار متر مكعب ويتغذى طبيعيا بنحو 0.6 مليار متر مكعب سنويا .

4. خزان تنزروفت : ويقع جنوب حوض العرق الغربى الكبير بالجزائر ومساحته 240 كم^2 وحجم المخزون به 0.4 مليار متر مكعب ويتغذى طبيعياً بنحو 20 مليون متر مكعب سنويا .
5. خزان قزان : ويقع فى الجزء الجنوبى الغربى من ليبيا . ومساحته 175 كم^2 وحجم المخزون به 0.4 متر مكعب ويتغذى طبيعيا بنحو 60 مليون متر مكعب.
6. الخزانات الجوفية في مصر :

أ – خزان جوفى الحجر الرملى النوبى ويشغل حوالى 30% من مساحة مصر ويقع بين مصر وليبيا وتشاد والسودان وطاقته التخزينية كبيرة حيث تبلغ أكثر من 6000 مليار متر مكعب ومعظم مياهه احفوريه وغير متجددة وإن كان يتغذى سنوياً بحوالى 1.5 مليار متر مكعب لليبيا ، 1/2 مليار متر مكعب للسودان .

ب – الخزان الجوفى الساحلى ويقع على السواحل الشمالية للبحر الأبيض المتوسط والسواحل البحرية الغربية للبحر وخليجى السويس والعقبة. ويوجد فى شكل جيوب محليه منتشرة فى المناطق الساحلية والسمك الكلى للطبقة الحاملة للمياه حوالى 40 متر. المياه الجوفية عموما تكون فى شكل عدسات سابحة فوق مياه البحر . وتتوقف التغذية للخزان الجوفى على سقوط الأمطار المحلية ، والسحب يتم أما بالبخر أو التدفق الى البحر وكذلك بواسطة الآبار الرومانية والسراديب (Galleries). السحب الكلى بالآبار يبلغ حوالى 0.8 مليون متر مكعب فى العام .

ج – خزان جوفى المغرة : يشمل هذا الخزان معظم المنطقة غرب الدلتا وجنوب مخفض القطارة ، ومساحته الكلية حوالى 2000 كم^2 ويمتد كذلك إلى غرب الفيوم وشمال الواحات البحرية . المياه الجوفية عموما تحت ظروف شبه محصورة (Semi confined) وسمك طبقة التشبع ما بين 800 إلى 1000 متر. السعة التخزينية حوالى 800 مليار متر مكعب منها 100 مليار مياه عذبه .

د – خزان جوفى الكربونات : تغطى الكربونات أكثر من 50 % من المياه السطحية للصحراء الشرقية والغربية ، مع الوجود فى أماكن قليلة من سيناء . ويتخلل مقطع الكربونات طبقات من المحار والحجر الصلب . تكثر بهذه

التكوينات الشقوق ولذلك تتكون العيون . لم تتم حتى الآن استكشاف امكانيات هذا الخزان الجوفى .

هـ - خزان جوفى الصخور الصلبة المتشققة : ويوجد فى جنوب سيناء ومنطقة البحر الاحمر وكذلك على سواحل بحيرة السد العالى والجزء الجنوبى من الصحراء الغربية . أمكن اصطياد حوالى 100 مليون متر مكعب فى جنوب سيناء . كما توجد أحتمالات اخرى فى الصحراء الشرقية ، لعدم توفر الاستكشافات فإن المعلومات غير كافيه .

و - خزان جوفى فى الدلتا والوادي (خزان جوفى النيل) :

يشمل خزان جوفى الدلتا والوادى المساحة الفيضية للنيل والتخوم الصحراوية شرقا وغرباً - سمك الخزان 300 متر فى الوادي ، 800 متر فى الدلتا وهو خزان متجدد يتم تغذيته من مياه الأمطار ومياه الرى . السعة التخزينية لخزان الوادي 200 مليار متر مكعب ومعدل التغذيه السنوية حوالى 5 مليار متر مكعب . خزان جوفى الدلتا سعته التخزينية حوالى 400 مليار متر مكعب ويبلغ معدل التغذية السنوية 6 مليار متر مكعب والمستغل من خزان الدلتا والوادى هو 7 مليار متر مكعب سنويا من المياه العذبة حيث الملوحة تتراوح ما بين 400 الى 600 جزء فى المليون ..

7- خزان جوفى الدمام :

وهو خزان جوفى شبه محصور وهو المصدر الوحيد للمياه الطبيعية العذبة فى البحرين حيث يمدها بحوالى 68% من احتياجاتها المائية . خزان جوفى الدمام هو جزء صغير للخزان الجوفى الاقليمى المسمى الخزان الجوفى العربى الشرقى والذى يمتد من وسط السعوديه حتى مياه الخليج العربى شاملا البحرين والكويت وجنوب قطر .

8 - خزان جوفى حضرموت : وهو خزان ذو إمكانيات محدودة حيث نحو 30% من مياهه رديئة النوعية .

9 - حوض الأزرق : ويشغل مساحة 13 الف كم^2 كلها فى الأردن وتقدر التغذية السنوية له ب20 مليون م^3 .

10 – حوض عمان – الزرقا : مساحته 850 كم^2 وتقدر التغذية السنوية له بنحو 35 مليون م^3 .

11 – السودان : تغطى الخزانات الجوفيه فى السودان حوالى 50% من مساحته حيث توجد الخزانات الجوفية الاتيه :

- خزانات جوفيه الحجر الرملى النوبى ويشغل 28% من مساحة السودان .
- خزان جوفى روابا والجزيرة .
- خزانات جوفيه وأدى فل الغريتى .

يعتمد اكثر من 80% من السكان على المياه ألجوفيه فى السودان .

السعة التخزينية للخزانات الجوفيه فى السودان بالمليون م^3

الجزء الجوفى	السعة التخزينية مليون م^3	التغذية السنوية مليون م^3	السحب السنوي مليون م^3
خزان الحجر الرملى النوبى	503000	1000	700
خزانة أم روايا الجزيرة	60000	600	150
الخزان الجوفى الغريني	1000	375	160
الاجمالى	**564000**	**1975**	**1010**

الباب الاول
الموارد المائية فى الوطن العربى

الفصل الثالث

الموارد المائية الحالية والمستقلية لدول الوطن العربى

1 – مقدمة
2 – دول حوض النيل [مصر – السودان]
3 – دول شبه الجزيره العربيه [اليمن – السعوديه – الكويت – قطر – البحرين – الامارات – عمان] .
4 – دول المغرب العربى [ليبيا – تونس – الجزائر – المغرب] .
5 – دول المشرق العربى [لبنان – سوريا – الاردن – العراق] .

الفصل الثالث

الموارد المائية الحالية والمستقلية فى دول الوطن العربى

1 – مقدمة :

الموارد المائية تشمل الموارد المائية التقليدية وهى المياه السطحية والجوفية المتجددة والمياه الغير تقليديه وهى مياه التحلية للمياه المالحة ومياه المعالجة للصرف الصحي والصرف الصناعي والمياه الجوفية الغير متجددة . سيتم التقدير للموارد التقليدية المضافة (المحلاة) فقط مع الإشارة إلى الموقف المائي حاليا (عام 2000) حتى عام 2025 ، وكذلك عدد السكان الحالي والمستقبلي ونصيب الفرد من المياه فى العام .

حدود الوفرة المائية من الموارد المائية للفرد فى العام هى 1000 متر مكعب وذلك بناءا على أطروحة فوكنمارك (العالم السويدى) وان كان قد حدد 500 متر للفرد فى العام كحد مناسب للمناطق شبه القاحلة ومنها بطبيعة الحال معظم دول الوطن العربي وخاصة دول شبه الجزيرة العربية . ولكن برنامج الأمم المتحدة للبيئة قد حدد 1000 متر مكعب كحد أدنى لنصيب الفرد من الموارد المائية ، وعلى هذا الأساس فإن حد الوفرة المائية للفرد فى العام هو 1000 إلى 500 متر مكعب فى العام وحد الفقر المائي أقل من 500 متر مكعب للفرد فى العام .

2 – دول حوض النيل :

أ – مصر :

يبلغ تعداد السكان الحالى فى مصر حوالى 72 مليون نسمة (عام 2005) ومن المحتمل أن يصل تعداد السكان عام 2025 إلى حوالى 100 مليون نسمة .

الموارد المائية الحالية فى مصر تتمثل فى حصة مصر من ايراد نهر النيل وهى 55.5 مليار متر مكعب فى العام ومن المتوقع أن تصل الى 57.5 مليار متر مكعب بعد تنفيذ مشروع جونجلى . ويبلغ استخدام مصر من المياه الجوفيه حالياً 7.12 مليار متر مكعب (منها 5.5 مليار من خزان جوفى فى الدلتا والوادى ، 0.06 مليار من الخزانات الساحلية ، 0.06 مليار من خزان جوفي المغرة ، 1.5 مليار من خزان

حوض الحجر الرملي النوبي . ومن المتوقع أن يزداد السحب من المياه الجوفية فى عام 2025 ليصل الى 10.35 مليار متر مكعب (منها 7.5 مليار من خزان جوفى الدلتا والوادي ، 0.08 مليار من الخزانات الجوفية الساحلية ، 0.08 مليار من خزان جوفي الغرة ، 2.65 مليار من خزان جوفي الحجر الرملي النوبي. بالنسبة لمياه الصرف المعالجة فالمستخدم حاليا 12.7 مليار متر مكعب (منها 12.5 مليار من مياه الصرف الزراعي ، 0.2 مليار من مياه الصرف الصحي والصناعي وفى عام 2025 سيزداد استغلال مياه الصرف المعالجة بعد تحسين نوعيتها ليصل إلى حوالى 18.4 مليار متر مكعب (منها 16.4 مليار متر مكعب من مياه الصرف الزراعى ، 1.9 مليار متر مكعب من مياه الصرف الصحى والصناعى. أما بالنسبة لمياه الأمطار والسيول فهى حاليا تقدر بحوالى 0.5 مليار متر مكعب ويتوقع ان تصل الى 1.5 مليار متر مكعب فى عام 2025 بعد تطوير أساليب وتجهيزات حصد مياه الأمطار والسيول.

مياه التحلية حالياً 0.03 مليار متر مكعب وفى عام 2025 ستصل الى 0.25 مليار متر مكعب .

اجمالى الموارد المائية الحالية التقليدية والمضافة هى 63.15 مليار م^3 وفى عام 2025 ستصل إلى 69 مليار متر مكعب .

نصيب الفرد من الموارد المائية فى عام 2005 هو حوالى 860 متر مكعب فى العام وإن كان هذا لا يحقق طموحات مصر فى التوسع فى الاراضى الزراعية خارج حدود الوادى القديم ، إلا انه فى حدود الندرة المائية .

وفى عام 2025 مع وصول عدد السكان الى حوالى 100 مليون نسمة : فسيكون نصيب الفرد فى العام 683 متر مكعب فى العام أى فى حدود الندرة المائية كذلك ولكن قريباً من حدود الفقر المائى.

ب – السودان :

يبلغ عدد السكان الحالى فى السودان (لعام 2000) حوالى 33 مليون نسمة وقد يصل الى 55 مليون نسمة عام 2025 ، اجمالى الموارد المائية فى السودان 22.3 مليار متر مكعب كلها من الموارد السطحية والجوفية منها 18.5 حصة السودان من مياه النيل ، 3.3 مليار من الوديان الموسمية ، 0.5 مليار من الخزانات الجوفية . ويبلغ نصيب الفرد حالياً (لعام 2000) حوالى 890 متر والإضافة الوحيدة المحتملة لموارد

السودان هى 2 مليار متر مكعب بعد تنفيذ مشروع قناة جونجلى حيث تصبح الموارد المائية 24.5 مليار وفى عام 2025 حيث عدد السكان 55 مليون يصبح نصيب الفرد 440 متر مكعب فى العام . ولكن يمكن تجاوز هذا الحد بكثير فى حالة استغلال مياه الخزانات الجوفية والتى تشغل أكثر من 50% من مساحة السودان .

3 – دول شبه الجزيرة العربية :

أ – اليمن :

يبلغ عدد سكان اليمن 16 مليون نسمة وذلك فى عام 2000 ويقدر اجمالى الموارد المائية ب 5.2 مليار متر مكعب سنوياً ، وتغطى هذه الكمية الاحتياجات المائية الحالية والتى تبلغ 2.56 مليار متر مكعب لأغراض الشرب والاستخدام المنزلى ، 0.8 مليار متر مكعب للأغراض الصناعية . ويبلغ نصيب الفرد سنوياً من الموارد المائية 325 متر مكعب وهو فى مستوى الفقر المائى (أقل من 500 $م^3$ للفرد فى العام) .

كل مصادر المياه فى اليمن من المصادر التقليدية ، وتمثل الأمطار (الموارد السطحية) المصدر الرئيسى الأول بينما تمثل المياه الجوفية المتجددة المصدر الثانى. الجزء الجنوبى من اليمن أفقر مائيا من جزئها الشمالى ، وذلك لضاءلة هطول الأمطار هناك مقارنة بالجزء الشمالى ، لا توجد انهار فى اليمن والمصادر السطحية هى حصد لمياه الأمطار والسيول .

وفى عام 2025 سيصل تعداد السكان فى اليمن إلى حوالى 35 مليون نسمة وسينخفض نصيب الفرد إلى حوالى 140 متر مكعب فى العام .

ب – السعودية :

تشير بيانات عام 2000 أن تعداد السكان فى السعودية هو 21 مليون نسمة ويبلغ اجمالى الموارد المتاحة 6.75 مليار متر مكعب منها 3 مليار متر مكعب من الخزانات الجوفية ، 1.45 مليار متر مكعب من مياه الأمطار والسيول التى تجرى فى الأودية الجافة لمدة قصيرة أو طويلة تبعاً لكثافة الأمطار وتكرار حدوثها، 1.5 مليار متر مكعب من مياه التحلية ، 0.7 مليار متر مكعب من المياه المعالجة والتى تستخدم فى الزراعة . ويصل نصيب الفرد إلى 340 متر مكعب فى العام .

وفى عام 2025 من المتوقع أن يصل عدد السكان إلى 43 مليون نسمة وينخفض نصيب الفرد من الموارد المائية ليصل إلى حوالى 170 متر مكعب فى العام .

جـ – الكويت :

يبلغ عدد السكان فى الكويت حوالى 3 مليون نسمة (عام 2000) والمتوقع أن يزيد إلى حوالى 4 مليون نسمة (عام 2025) .

لا يتوافر فى الكويت أى مصادر سطحية للمياه ، وتعتبر المياه الجوفية المصدر الطبيعى الوحيد الذى يمكن استغلاله . وتنقسم المياه الجوفية إلى مياه عذبة تستخدم للشرب وللاستخدام المنزلى ومياه قليلة الملوحة تستخدم للزراعة وسقاية الأغنام . وكذلك تستخدم المياه المالحة فى استخدامات أخرى . المياه الجوفية توجد فى خزانات جوفية مجموعة الكويت وتكوين الدمام الجيري .

وتعتمد الكويت على تحلية مياه البحر كمصدر أساسي للمياه العذبة حيث تبلغ السعة الإنتاجية الحالية لمحطات التحلية حوالى مليار متر مكعب سنوياً. ويتم الحصول على المياه العذبة بخلط المياه المقطرة بالمياه الجوفية قليلة الملوحة .

وتبلغ كمية المياه الجوفية حوالى 0.5 مليار متر مكعب سنوياً ومياه التحلية حوالي 1 مليار متر مكعب ليصبح الإجمالى 1.5 مليار متر مكعب. نصيب الفرد من المياه فى الكويت فى 2000 هو 500 متر مكعب سنوياً ينخفض إلى 370 متر مكعب عام 2025 .

د – قطر :

يبلغ عدد السكان فى قطر حوالى 0.33 مليون نسمة (عام 2000) وقد يصل إلى حوالى 0.39 مليون نسمة عام 2025 .

تتمثل الموارد المائية فى قطر فى المياه الجوفية من خزانات جوفيه الإقليم الشمالي والإقليم الجنوبي . مياه خزان جوفى الإقليم الشمالي عذبة ، الإقليم الجنوبي غير جيدة . تقدر التغذية للخزان الجوفي الشمالي بحوالى 11% من المتوسط السنوي لسقوط الأمطار .

المياه المحلاة يبلغ إنتاجها السنوي 195 ألف م^3 / اليوم . تقدر مياه الصرف المعالج بحوالى 60 ألف م^3 / اليوم .

الموارد المائية تكفى لقطر حاليا وحتى عام 2025 حيث تدور بمعدل 275 متر مكعب فى اليوم حاليا وتنخفض الى 225 متر مكعب / اليوم عام 2025 ، وهذه تكفى للشرب والاستخدام المنزلى.

هـ – البحرين :

عدد سكان البحرين حوالى 0.40 مليون نسمة (عام 2000) وقد يصل الى 0.41 مليون نسمة (عام 2025) .

تعتمد البحرين فى الحصول على المياه لتلبية الأغراض المختلفة على المياه الجوفية ومياه التحلية والمياه المعالجة ، ويندر وجود مورد للمياه السطحية فى البحرين ذلك بسبب الشكل العام لتضاريس مستجمعات لمياه الأمطار بالإضافة إلى ندرة سقوطه وعدم انتظامه . ولكن تعد المياه الجوفية هى المصدر الرئيسي من بين المصادر الثلاثة ، حيث الخزانات الجوفية هى خزان العلات ، الخير ، أم الراضومة .

إما المياه المعالجة فإنها تنتج من محطة تويلى بطاقة 174 ألف م^3 / اليوم ، واستخدامها أساسا للزراعة .

لقد تطورت شبكة المياه فى البحرين إلى إن أصبحت نظاما متكاملاً يتكون من محطات تحلية ومحطات لضخ مياه جوفيه وخطوط نقل ومحطات خلط وشبكات توزيع.

يبلغ نصيب الفرد عام 2000 حوالى 675 متر مكعباً ومن المنتظر زيادة الموارد مع عام 2025 لتصل إلى 780 متر مكعب للفرد .

و – الإمارات العربية المتحدة :

يبلغ عدد سكان الإمارات حوالي 2 مليون نسمة (عام 2000) وقد يصل إلى حوالى 3 مليون نسمة (عام 2025) . وتشمل الموارد المائية فى دولة الإمارات الآتى:

1. المياه السطحية : وهى مياه العيون والأودية والافلاج (الفلج شق مائل يحدثه الإنسان فى الأرض حتى يصل الى المياه الجوفية) أما العيون فهى ذات التدفق الطبيعي بدون تدخل الإنسان . وتقدر الافلاج والعيون فى الإمارات بحوالى 150، حيث تنتشر على قمة المناطق الشرقية التى تتميز بالافلاج دائمة الجريان ذات النوعية الجيدة للمياه ، المنطقة الشمالية ، المنطقة الغربية التى تضم فلج الذيد

وهو أهم الافلاج فى دولة الإمارات ، وكذلك توجد العيون والافلاج فى المنطقة الشرقية والمنطقة الجنوبية . وتقدر مياه الأودية بنحو 150 مليون متر مكعب فى العام .

2. المياة الجوفية : تشمل أنظمة المياه الجوفيه الخزان الجوفى الرسوبى حيث تقدر طاقته التخزينية بنحو 5280 مليون متر مكعب ، ويبلغ حجم تغذيته السنوية حوالى 100 مليون متر مكعب ، خزان جوفى سهل الباطنة الساحلى وإنتاجية أبار هذا الخزان عالية ولكن لم يتم لهذا الخزان الدراسة الهيدرولوجية الكاملة ، ولكن الخزان الكربونى العميق فإن نوعية مياهه رديئة بسبب زيادة مستوى العسر والأملاح المذابة .
3. محطات تحلية مياه البحر وعددها ثمانى وطاقتها الإنتاجية 232.1 مليون متر مكعب سنوياً .
4. محطات معالجة مياه الصرف الصحى وعددها اربع محطات وطاقتها الإجمالية 62 مليون متر مكعب سنوياً .

ويبلغ اجمالى الموارد المائية لدولة الإمارات حوالى 1.34 مليون متر مكعب سنوياً ومن المحتمل ان تقل هذه الموارد بسبب الاستغلال الجائر للمياه الجوفية وبالتالى سينخفض نصيب الفرد لهذا السبب وبسبب زيادة عدد السكان وزيادة الانشطة التنموية. يصل نصيب الفرد في عام 2000 حوالى 400 متر مكعب فى العام وفى عام 2025 قد يصل الى 425 متر مكعب فى العام بزيادة إمكانيات تحلية المياه المالحة .

ز – عمان :

يبلغ عدد سكان عمان 2 مليون بسمة (عام 2000) وقد يصل الى 3 مليون نسمة (عام 2025) . وتتمثل الموارد المائية فى سلطنة عمان فى الآتى :

1. الموارد المائية السطحية التى تعتبر قليلة تشمل التدفقات الدائمة فى بعض الاحباس العليا من الأودية الواقعة فى جبال شمال عمان .
2. الموارد المائية الجوفية حيث عدد من الخزانات الجوفية ذات التربة الحاملة الرسوبية والكلية .
3. الموارد غير التقليدية وتتمثل فى مشروع تحلية مياه البحر والذى يغطى إنتاجه 80% من استخدامات العاصمة .

ويبلغ نصيب الفرد فى عام 2000 حوالى 340 متر مكعب فى العام وفى عام 2025 سينخفض إلى حوالى 240 متر مكعب فى العام .

ولكن يمكن زيادة الموارد المائية السطحية ، وكذلك زيادة الموارد الجوفية وذلك فى حالة الدراسة الجيدة للإمكانيات المائية فى أقاليم مسندم ، والباطنة ، والإقليم الداخلى ، والإقليم الجنوبى .

3- دول المغرب العربى :

وتشمل هذه المجموعة كلاً من ليبيا وتونس والجزائر والمغرب :

أ – ليبيا :

عدد السكان فى ليبيا حوالى 6 مليون نسمة (عام 2000) وقد يصل إلى حوالى 14 مليون نسمة عام 2025 .

تتكون الموارد المائية فى ليبيا من موارد تقليدية وموارد غير تقليدية وتسهم المياه الجوفية بالنصيب الأكبر من هذه الموارد وأغلب المياه الجوفية متجددة . يوجد فى ليبيا ستة خزانات جوفية وهى خزانات سهل الحفارة ، حوض مرزوق ، والجبل الأخضر ، وسرت وغرب سرت ، الكفرة ، السرير. وتبلغ نسبة التغذية السنوية لهذه الخزانات الجوفية 4.655 مليار متلا مكعب سنوياً يسحب منها 2.207 مليار متر مكعب. كما تقوم ليبيا باستغلال خزان جوفي الحجر الرملى النوبى فى الجنوب الشرقى بحوالى واحد مليار متر مكعب سنوياً . ويستهلك التوسع الزراعى حوالى 82% من جملة إنتاج المياه الجوفية .

بالنسبة للمياه السطحية فهى تساهم بنسبة قليلة وذلك لعدم توافر إمكانيات الحصد لمياه الأمطار فى الأودية لعدم انتظامها وعدم توفر السدود .

يوجد فى ليبيا ثلاث عيون رئيسية هى الزيانة (90 مليون م^3) ، تاورنماء (60 مليون م^3) ، كحام (11 مليون م^3) .

وبالنسبة للمصادر غير التقليدية فإن ليبيا لديها 15 محطة تحلية موزعة على الساحل الليبى اجمالى إنتاجها السنوي 110 مليون متر مكعب ، وكذلك 23 محطة تنقية ومعالجة لمياه الصرف طاقتها 140 مليون متر مكعب .

يمكن زيادة الموارد المائية فى ليبيا بزيادة إمكانيات تحلية مياه البحر بالإضافة الى حوالى 60000 متر مكعب من المياه زيادتها عن طريق إنشاء السدود لتجميع المياه السطحية .

يبلغ نصيب الفرد السنوى من المياه فى ليبيا عام 2000 حوالى 650 متر مكعب فى العام ، ويصل الى 324 متر مكعب عام 2025 .

ب – تونس :

عدد سكان الجمهورية التونسية حوالى 10 مليون (عام 2000) وقد يصل الى 14 مليون عام 2025 .

تتمثل الموارد المائية فى تونس من الآتى :

1. الموارد السطحية حيث يتميز الشمال بأهم مجارى المياه السطحية ذات التدفق المستمر طوال العام ، وتتصف المنطقة الوسطى بالجفاف ، كما توجد أودية سطحية فى الجنوب وهى موسمية حيث ينحصر الجريان السطحى فى مجارى الأودية المنحدرة من جبال مطماطة .
2. يتميز شمال ووسط تونس بالخزانات الجوفية ذات الامتداد المحدود بينما يتميز الجنوب بالخزانات الجوفية الممتدة وإن كانت ضعيفة التغذية .

لهذا فإن كل موارد المياه فى تونس هى موارد تقليدية حيث يصل المستغل الى حوالى 450 متر مكعب وقد ينخفض الى حوالى 320 متر مكعب عام 2025 .

جـ – الجزائر :

يبلغ عدد سكان الجمهورية الجزائرية حوالى 33 مليون نسمة (عام 2000) وقد يصل الى حوالى 50 مليون نسمة عام 2025 .

1. الموارد السطحية : وهذه تضم 17 حوضاً مائيا تقع ضمن ثلاث مجموعات ، الأولى هى الأحواض التابعة للبحر المتوسط ، والثانية أخواض السهول العليا ، والثالثة الأحواض الصحراوية ، وتضم هذه الأحواض الثلاث 12.7 مليار متر مكعب سنوياً .

2. الموارد الجوفية : وهى فى خزانات جوفية شمال الجزائر المتجددة وكذلك خزانات جوفية المناطق الصحراوية (ضعيفة التغذية) . والسحب السنوى من هذه الخزانات حوالى 3.9 مليار متر مكعب سنوياً .

تغطى الموارد المائية للجزائر حوالى 17 مليار متر مكعب سنوياً ومصدر المياه الرئيسى هو مياه الأمطار ثم المياه الجوفية .

نصيب الفرد فى الجزائر يزيد عن 500 متر مكعب فى العام وقد يقل إلى 350 متر مكعب عام 2025 .

د – المغرب :

عدد سكان المملكة المغربية حوالى 30 مليون نسمة (عام 2000) وقد يصل الى حوالى 45 مليون نسمة عام 2025 .

تتمثل الموارد المائية فى المغرب فى الاتى .

أ – الموارد السطحية : وهى تمثل 75% من مجموع الموارد المائية والتى تصل إلى 28 مليار متر مكعب فى العام وهذه الموارد السطحية موزعة على أحواض هى أحواض البحر المتوسط ، الأحواض الاطلنطية الشمالية والأحواض الصحراوية ، وهذه المياه السطحية تجرى فى وديان وأنهار مثل نهر أم الربيع ونهر بورقراق ونهر سبوهيت ، تقع هذه الأنهار إلى الشمال الغربى من جبال أطلس .

ب – الخزانات الجوفية توجد فى منطقة الرين ومنطقة الاطلنطى ومنطقة المغرب الشرقى ومنطقة الصحراء، وتبلغ إمكانيات السحب السنوى من هذه الخزانات حوالى 5 مليار متر مكعب سنويا والمستغل منها هو 2.55 مليار متر مكعب.

ويبلغ نصيب الفرد السنوى من المياه حوالى 875 متر مكعب فى العام وقد يصل إلى حوالى 600 متر مكعب فى العام وذلك عام 2025 بسبب زيادة السكان وزيادة الانشطة التنموية .

4 – بلدان الشرق العربى :

أ – لبنان :

تعداد السكان فى لبنان حوالى 4 مليون نسمة (عام 2000) وقد يصل عدد السكان إلى حوالى 6 مليون نسمة عام 2025 . حاليا وحتى عام 2025 ستظل موارد المياه فى لبنان ثابته ، يستمد لبنان مياهه من مجموعة من الأنهار الداخلية حيث توفر له 4 مليارات متر مكعب فى العام ، وهذا بالإضافة الى إسهامات المياه الجوفية المتجددة بحوالى 0.6 مليار متر مكعب فى العام . توجد اختلافات فى تقديرات موارد المياه فى لبنان بين بعض الخبراء ، ولكن الوضع المائى فى لبنان وإن كان فى الوضع الحالى يصل إلى حوالى 800 متر مكعب للفرد الا أن معدل 500 متر مكعب فى عام 2025 يجعل لبنان فى وضع مائى امن الى حد كبير .

ب – سوريا :

تعداد السكان فى سوريا حوالى 18 مليون نسمة (عام 2000) وقد يصل التعداد إلى حوالى 35 مليون نسمة عام 2025 . تتمثل المصادر المائية فى سوريا من المياه السطحية من الانهار دائمة التدفق سواء المشتركة (دجلة والفرات والعاصى وعفرين واليرموك وقوين ، جغجغ والكبير الجنوبى) أو الأنهار الداخلة (الخابور ، البليخ ، السن) وكذلك الانهار غير دائمة التدفق والتى تجرى فيها المياه لمدة لا تزيد عن أربعة أشهر فى السنة .

تتوافر فى سوريا مجموعة من الخزانات الجوفية . تبلغ الموارد المائية فى سوريا حوالى 55 مليار متر مكعب فى العام وإن كانت احتياجاتها لا تزيد عن 10 مليار متر مكعب ولا يتوقع ظهور ندرة مائية فى سوريا حتى عام 2025 .

جـ – الأردن :

يبلغ تعداد الاردن حوالى 5 مليون نسمة (عام 2000) وقد يصل التعداد الى حوالى 10 مليون عام 2025 .

تتمثل الموارد المائية للأردن فى المياه السطحية للانهار والأودية دائمة الجريان والتى ترجع الى تصريف المياه الجوفية عبر الينابيع بالإضافة الى ما تضيفه الأمطار وخاصة فى فصل الشتاء .

المياه الجوفية تتمثل فيما يعرف بالنظام المائى العميق الذى يتكون من ثلاثة انظمه جوفيه ، واستغلال هذا النظام غير اقتصادي أما نظام الحجر الجيرى الصوانى فإن مياهه تستغل لجودتها وقلة عمقها وكذلك يستغل خزان جوفى نظام الصخر البازلتى فى شرق الأردن الذى يتغذى من الأمطار التى تسقط على جبل العرب فى سوريا . وكذلك تستغل رواسب الأودية مثل وادي عربة ووادي الأردن .

نصيب الفرد من المياه فى الأردن متدنى للغاية حيث يصل إلى حوالى 176 متر مكعب فى العام وسيصل إلى حوالى 90 متر مكعب بحلول عام 2025 .

د – العراق :

تعداد سكان العراق حوالى 26 مليون نسمة (فى عام 2000) وقد يصل تعداد السكان إلى حوالى 48 مليون نسمة عام 2025 .

تتمثل الموارد المائية فى العراق إلى الاتى :

1. المياه السطحية : والتى تقدر بحوالى 106 مليار متر مكعب فى العام منها 80 مليار متر مكعب يحملها كلا من نهرى دجلة والفرات .
2. المياه الجوفية : حيث توجد فى العراق خمسة خزانات جوفية منها (بختيارى – فارس الأعلى – الفرات الجيرى – الامام – أم الرضومة).

يبلغ اجمالى الموارد المائية المستغلة فى العراق 42.56 مليار متر مكعب معظمها مياه سطحية (41.35 مليار متر مكعب) ، يمكن زيادة الموارد المائية إلى أقصى المتاح منها وهو 67.6 مليار متر مكعب .

الموارد المائية فى العراق تغطى متطلباته وإن كانت لا تحقق هذا المعدل مع تزايد عدد السكان بحلوا عام 2025 .

جدول يوضح تقييم الموارد المائية فى دول الوطن العربى :

الدولة	التاريخ	كمية المياه للفرد فى العام بالمتر المكعب		
		الاستقرار المائى	الندرة المائية	الفقر المائى
		1000م³ واكثر	من 1000-500م³	اقل من 500م³
1	2	3	4	5
مصر	2000	——	860	——
	2025	——	683	——
السودان	2000	——	890	——
	2025	——	——	440
اليمن	2000	——	——	اقل من 500
	2025	——	——	140
السعودية	2000	——	——	340
	2025	——	——	170
الكويت	2000	——	500	——
	2025	——	——	370
قطر	2000	——	——	275
	2025	——	——	225
البحرين	2000	——	675	——
	2025	——	780	——
الإمارات	2000	——	——	400
	2025	——	——	425
عمان	2000	——	——	340
	2025	——	——	240
ليبيا	2000	——	650	——

	2025	——	——	324
تونس	2000	——	——	450
	2025	——	——	320
الجزائر	2000	——	500	——
	2025	——	——	350
المغرب	2000	——	785	——
	2025	——	600	——
لبنان	2000	800	800	——
	2025	500	500	——
سوريا	2000	أكثر من 1000	——	——
	2025	أكثر من 1000	——	——
الاردن	2000	——	176	——
	2025	——	90	——
العراق	2000	أكثر من 1000	——	——
	2025	أكثر من 1000	——	——

الباب الأول
الموارد المائية فى الوطن العربى

ملحق الباب الأول

ملحق الباب الاول
القانون الدولى ومياه النهر المشتركة

لا يوجد فى الوقت الحالى قانون مقبول من جميع الدول ينظم استخدام مياه الأنهار الدولية وأن كانت هناك اتفاقية مثل هذا القانون لقرتها الجمعية العامة للأمم المتحدة فى دورتها الحادية والخمسين (مايو 1997) دعدت فيها الدول والمنظمات الإقليمية للتكامل الاقتصادي للتوقيع عليها ولتصبح إطرافا فيها وهو الأمر الذى لم يحدث حتى الآن (عام 2001) فقد وجدت أغلبيتها أن فى بعض موادها ما يمكن أن تعترض أو ما يمكن أن يخلخل اتفاقيتها القائمة والتى تعيش فى ظلها ، وفضلت معظم الدول أن تعيش مع القواعد العامة التى كانت قد وضعتها رابطة القانون الدولى (International Low Association) وأقرتها فى اجتماعها الذى عقد بمدينة هلسنكى فى صيف 1969 وقبلتها معظم الدول وكانت الأساس الذى بنيت عليه اتفاقية قانون استخدام المجارى المائية الدولية فى غير الأغراض الملاحية الذى أقرته الجمعية العامة للأمم المتحدة فى سنة 1997 بعد إن أضيف إليها فصل جديد يتعلق بمنع تلوث هذه المجارى المائية والحفاظ على بيئتها . ومن أهم القواعد التى تم الاتفاق عليها فى هلسنكى ونقلت بالاتفاقية الجديدة هو حق كل دولة متشاطئة للمجرى المائى فى الحصول على نصيب معقول ومنصف من مياهه ، وتعتبر هذه القاعدة من أهم المبادئ التى أدخلت على قواعد توزيع مياه المجارى المائية الدولية حيث حلت محل مبدأ هارمون الذى كان سائدا لمده طويلة والذى كان يعطى للدولة السيادة الكاملة على الأنهار التى تمر فيها ، وحقها فى استخدام مياهه بالطريقة التى تراها صالحة دون النظر إلى مصالح الدول المنشأ طئة الأخرى ، وتطبيق هذا المبدأ يجد صعوبة كبرى فعلى الرغم من قبول الدول له إلا آن التطبيق العملى يثبت إن الكثير منها لا تعيره اهتماماً حتى وإن جاءت تصريحات المسئولين فيها بغير ذلك ' ومثال ذلك ما فعلته شيلى فى نهر لوكا الذى ينبع فى جبالها ويذهب إلى بوليفيا ' وما فعلته تركيا فى نهرى دجلة والفرات اللذان ينبعان منها ويمران بسوريا والعراق ، وكذلك ما فعلته إسرائيل فى نهر الأردن وهى دولة مصب . حيث فرضت على دول المنبع تحويل مياه النهر إليها . ومن العوامل التى تضمنتها قواعد هلسنكى لتحديد أنصبة دول

الحوض فى مياه النهر جغرافيه الحوض وهيدروليجيته ومناخه وكذلك الاستخدام السابق للحوض والاحتياجات الاقتصادية والاجتماعية لكل دولة ، وعدد السكان الذين يعتمدون على مياه النهر وما يتوافر لهم من موارد أخرى ، وغير ذلك من العوامل التى تحتمل الكثير من التفسيرات .

وهناك من يرون أن التوزيع العادل للمياه ينبغى أن يكون طبقا للإمكانيات الزراعية لدول الحوض بصرف النظر عن عدد السكان ، وقد أثير هذا الخلاف عندما كانت مصر والسودان تتفاوضان فى أواخر العشرينات من القرن العشرين بشأن عقد اتفاقية مياه النيل الدولى التى وقعت فى عام 1929 .

وتؤكد قواعد هلسنكى واتفاقية الأمم المتحدة على ضرورة حل المشاكل المتعلقة بتوزيع المياه بين دول الحوض بالطرق السلمية كما ينص على ذلك ميثاق هيئة الأمم ، ومن أجل الإقلال من هذه المشاكل بل منعها أوصت القواعد دول الحوض بتبادل المعلومات الخاصة بالنهر والعمل على تشكيل اللجان المشتركة لإدارة النهر كوحدة واحدة طالما امكن ذلك ، وأخيرا على ضرورة إبلاغ دول الحوض الأخرى قبل البدء فى تنفيذ اى مشروع قد يؤثر على مياه النهر . ومثل هذا التبليغ يمكن الدول الأخرى من الدخول فى مفاوضات والالتجاء إلى التحكيم قبل أن تتأثر بالمشروع .

5 – الموقف الحالى لاتفاقيات مياه النيل :

بعد تناول الخطوط العامة للاتفاقيات المبرمة بين دول النهر يبدو انه لا يوجد فى الواقع اتفاق بين دول المنبع والمصب على طريقة توزيع مياه النهر أو رصد أحواله أو تقنين تدفقاته فى مختلف دول الحوض فمعظم الاتفاقيات مع دول الحوض قديمة تمت مع القوى المستعمرة وفى إطار نظام عالمى انتهى ، وبعد استقلال دول الحوض أصبح من الصعب أن تقبل أى دولة مستقلة ألا تكون لها سيادة على أنهارها . وقد أبلغت دول المنبع كلا من مصر والسودان فى مذكرات عديدة عن رفضها الالتزام بما جاء فى المعاهدات والاتفاقيات والمذكرات المتبادلة بين القوى المستعمرة التى كانت وكيلا عنها وقت توقيعها ودول المصب ومن الأمثلة على ذلك المذكرة التى أرسلتها تنجانيقا (تنزانيا) إلى كل من مصر والسودان وبريطانيا فى عام 1962 فور إعلان استقلالها لإبلاغهم عدم التزامها بأى تعهد كانت قد قامت به الحكومة البريطانية ينقص من سيادتها على الأنهار أو البحيرات بأرضها وخصت المذكرة ما جاء فى المذكرة

المصرية التى تبودلت بشأن اتفاق المياه بين مصر والسودان فى عام 1929 من التعهد بالا تقام بغير اتفاق سابق مع الحكومة المصرية أعمال ري أو توليد طاقة ولا تتخذ إجراءات على النيل وفروعه أو على البحيرات التى تنبع منها سواء فى السودان أو فى البلاد الواقعة تحت الإدارة البريطانية يكون من شأنها إنقاص مقدار المياه الذى يصل الى مصر ... الخ .

وكان رد مصر على هذه المذكرة بأن مصر تعتبر الاتفاقية سارية المفعول حتى يتم استبدالها بأخرى يوافق علبها الطرفان .

وكذلك تعترض دول المنبع على الإتفاقيات المصرية والسودانية وتشكك فى قانونيتها وقد أرسلت إثيوبيا احتجاجاً على بناء السد العالى الذى اتخذ قرار بنائه دون التشاور معها فى مذكرة سلمت للخارجية المصرية فى 1959/9/22 جاء فيها " إن اى دولة نهرية تنوى القيام بإنشاءات كبيرة كتلك التى تقوم بها مصر فأنه يجب عليها يحكم القانون الدولى أن تخطر مقدما الدول النهرية الأخرى وتتشاور معها .

الباب الثانى

خفض الفقد من مياه العيون ومياه الآمطار والسيول وشحن الخزان الجوفى واستمطار السحب

الفصل الرابع

حصد مياه العيون .

الفصل الخامس

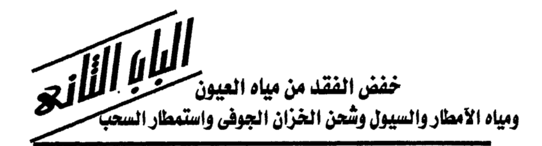
التغذية وإعادة شحن الخزان الجوفى .

الفصل السادس

حصد مياه الامطار والسيول .

الفصل السابع

استمطار السحب [كموارد مائية مضافة] .



الفصل الرابع

حصد مياه العيون

1. مياه العيون .
2. عيون التدفق الجاذبية .
3. العيون الارتوازية المنخفضة .
4. اعتبارات اساسية.
5. حصد مياه عيون الانخفاض او التدفق بالجاذبية .
6. حصد مياه العيون الارتوازية .

الفصل الرابع
حصد مياة العيون

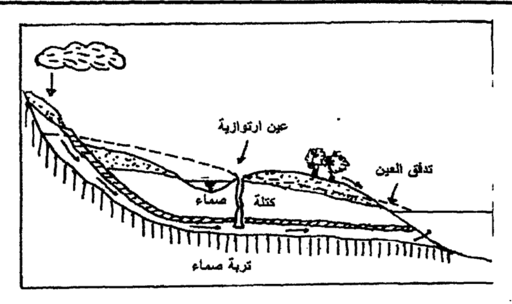
1 – مياه العيون : .

توجد مياه العيون أساسا فى الاراضى الجبلية أو الهيئات المرتفعة كالتلال أوديان الأنهار . يمكن تعريف العين بأنها المكان حيث تخرج تدفقات المياه خارج التربة فوق سطح الأرض،مياه العيون عادة يتم تغذيتها من خزانات جوفية ذات تربة حاملة زلطية أو رملية أو من الصخور المفتتة ، تتدفق المياه لأعلا عند اصطدام تدفقاتها تحت الأرض بطبقة صماء صخرية أو طفلية غير مسامية. هذه التدفقات يمكن أن تكون عيون غير مرئية عند إتجاهها نحو النهر أو البحيرة أو البحر ... الخ .

معظم العيون تكون معلومة تماماً لدى السكان المحليين حيث النباتات تكون دلالة على وجودها وبتتبعها يمكن الوصول إلى مصدرها .

مياه العيونة الحقيقة تكون نقية ويمكن استخدامها بدون معالجة شريطة أن تكون العين تم حمايتها بمنشأ من الطوب أو الأحجار أو القار او الخرسانة بما يمنع وصول الملوثات الى المياه . كما يلزم التأكد من ان هذه المياه مصدرها هو الخزان الجوفى وليست من مجرى مائى والذى تسربت منه المياه إلى مسافة قصيرة .

تدفق المياه من العين يمكن إن يكون بأشكال مختلفة ، حيث توجد مسميات مختلفة كذلك وهى عيون الترشيح أو التسرب حيث تتسرب[5] المياه من مسام التربة المسامية وعيون التشققات حيث تتدفق المياه من الفواصل أو الكسور والتشققات فى الصخور الصلبة ، العيون المستمرة حيث تكون تدفقات المياه شبه مستديرة . ولتفهم إمكانية حصد المياه من العيون فإنه من المهم معرفة الفرق بين العيون ذات التدفق الجاذبية والعيون الارتوازية ، كما أن هناك تقسيم أخر وهو عيون الانخفاض وعيون التدفق العلوى شكل (4/1).

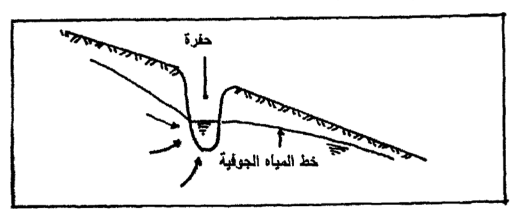


شكل (4-1) حالات وجود العيون

2 – عيون التدفق بالجاذبية :

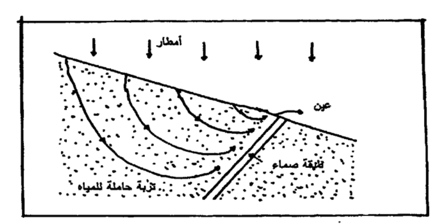
يلاحظ وجود هذه العيون فى الخزانات الجوفية الحرة والغير محصورة ، وذلك عندما يكون سطح الأرض فى منسوب أسفل خط المياه الاستاتيكى .

عندئذ يمتلئ هذا المنخفض بالماء ، عيون الانخفاض أو التدفق بالجاذبية تكون عادة ذات إنتاجية محدودة وصغيرة ، وكذلك فإن النقص فى الإنتاج وارد وذلك فى فترات الجفاف أو إن هناك سحب من الخزان الجوفي يسبب الانخفاض فى منسوب المياه الاستاتيكى (خط المياه) .



شكل (4-2) عين المنخفض بالجاذبية

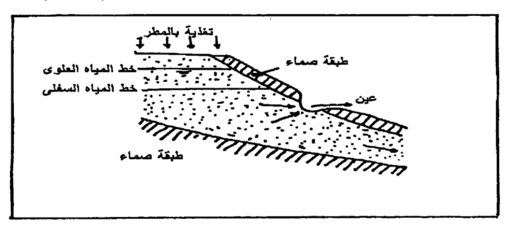
وكذلك يمكن إن يكون إنتاج العيون التى تعمل بالجاذبية كثير التغير وذلك عند وجود طبقة من التربة غير مسامية أو صلبة مثل الطفلة أو الصخور التى تمنع التدفق السفلى للمياه مع دفع هذه المياه إلى أعلا سطح الأرض (شكل 3-4) وفى هذه الحالة فأن كل المياه التى تدخل إلى منطقة التغذية يتم تدفقها خلال العين ، وهذا التدفق يكون أكثر انتظاما عن التغذية للخزان الجوفي بمياه الأمطار . إلا انه يمكن حدوث تغير فى معدل التدفق فى أوقات الجفاف وقد يتوقف إنتاج المياه تماماً .



شكل (3-4) عين التدفق العلوى بالجاذبية

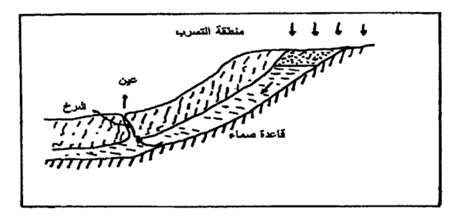
3 – العيون الارتوازية المنخفضة :

العيون الارتوازية المنخفضة تشبه إلى حد كبير عيون الانخفاض أو التدفق بالجاذبية . ولكن فى هذه الحالة فإن المياه تتدفق الى الخارج تحت ضغط ، لذلك فإن التصرف يكون عاليا ولا يبدو عليه تغير فى معدل الانخفاض فى منسوب المياه الجوفية (شكل 4/4).

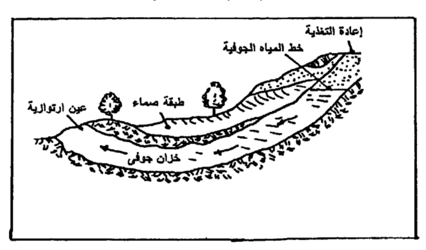


شكل (4-4) عين الانخفاض الارتوازى

العيون الارتوازية التى تندفع من الفواصل والتشققات (شكل 5-4) تمثل نوعية هامة لهذا النوع من العيون ، فهذه العيون توجد فى كثير من البلدان وتستخدم على نطاق واسع فى إمدادات التجمعات السكانية بالمياه . وأحيانا يكون تدفق العيون الارتوازية من مساحة كبيرة (شكل 6-4) حيث تتدفق العيون مندفعة تحت ضغط وعادة يكون التصرف كبيراً ولا يحدث له تغير يذكر فى معدل التدفق . هذه العيون مناسبة لإمداد التجمعات السكانية بالمياه. العيون الارتوازية لها ميزة فى أن الغطاء الغير مسامى من التربة يحمى هذه المياه أسفله (الخزان الجوفي الإرتوازى) من التلوث ولذلك فإن مياه هذه النوعية من العيون تكون أمنه وخالية من التلوث البكتويولوجى.



شكل (5-4) عين الشروخ اللارتوازية



شكل (6-4) عين التدفق العلوى الارتوازية

4 – اعتبارات أساسية :

يجب أن تعد العين المستخدمة لإمدادات مياه الشرب بمنشاة حماية مزود بماسورة لحمل المياه الى نقطة خارج العين ، كما يجب توفير أربعة عناصر رئيسية هامة.

أ – توفير الحماية من التلوث لمياه العين فى المنشأ .

ب – مياه العيون الارتوازية عادة تكون خالية من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض ، ولكن فى حالة اختلاف درجة حرارة ماء العين ما بين الليل والنهار عندئذ فإن المياه تكون محل شك .

ج– فى حالة الخزانات الجوفية الجبلية فان التدفق يختلف قليلا حسب المسافة على طول خط الكنتور (عيون التسرب). لحصد هذه المياه يلزم توفير حفرة تجميع للمياه ذات طول مناسب . أما فى حالة الخزانات ذات الصخور المفتته فان التدفق يكون مركزا حيث تصل المياه المحملة بنواتج التفتت الصخرى إلى سطح الأرض هذه الحالة يلزم توفر أعمال إنشائية صغيره ومناسبة مع اختيار موقعها بعناية .

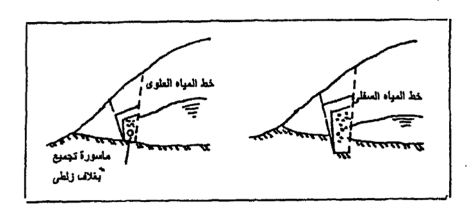
د– تقيم إنتاجية العين والتغير الموسمى للتدفق يلزم معرفته ، حيث كلا من الإنتاجية ومدى الاعتماد على العين يتأثر بالأعمال الإنشائية لحصد مياه العين .

مقارنة بسحب المياه من الخزان الجوفي بواسطة آبار الضخ فان حصد مياه العين له ميزه فى أن خط المياه الجوفية قد ينخفض قليلا جدا أولا ينخفض .

حصد مياه العيون :

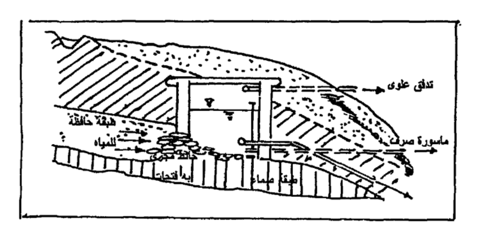
5- حصد مياه عيون الانخفاض او التدفق بالجاذبية :

نظر الصغر الإنتاجية وصعوبة الحصول على الحماية الكاملة من التلوث فانه لا يوصى باستخدام هذه العيون لإمدادات المياه للتجمعات (شكل 7-4).



شكل (4-7) حصد مياه عين الجاذبية

يتم تصميم حوض التجميع للمياه المرشحة من مسام التربة الحاملة طبقا للقواعد الهندسية كما يجب أن يكون حوض التجميع للمياه بالعمق الكافي لتكون الطبقة المشبعة من التربه فوق حوض التخزين للتعويض عن التغير فى منسوب خط المياه الجوفية . المياه التى تتجمع يتم صرفها إلى حوض تجميع والذى يسمى أحيانا صندوق العين (شكل 4-8).

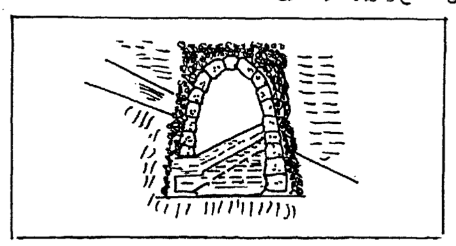


شكل (4-8) غرفة تخزين مياه عين ارتوازية

يصمم نظام الترشيح وحوض التجميع بما يمنع وصول الملوثات للماء الذى تم تجميعه . قبل بناء غرفة حوض التجميع يتم تشوين الأحجار (بدون بناء) والتى تعمل كحائط ساند لمنع انهيار التربة ورفعها بعيدا . يتم تجهيز الغرفة بغطاء (كغطاء غرفة

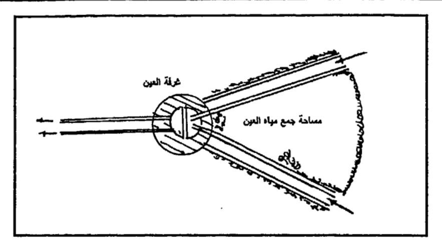
التفتيش) لأغراض النظافة والصيانة . يتم تغطيه جميع فتحات تصريف الهواء ومواسير الفايظ ومواسير الصرف بمصفاة . كما يلزم عمل خندق للتجميع تساقط المياه على سطح التل وعدم دخوله الغرفة .

وللوقاية من التلوث فإن قمة الظهير الزلطى (الحجري) تكون على مسافة لا تقل عن 3 متر أسفل سطح الأرض ، وبما يؤكد وضع أعمال حصد مياه العين على جانب التل أو برفع منسوب الأرض بالروم من مكان آخر يتم حمايته . يتم حماية النفق وذلك لمساحة ممتدة بكامل الطول زائد 10 متر على كلا الجانبين وعلى مسافة لا تقل عن 50 متر فوق تيار تدفق العين وذلك لمنع وصول الملوثات من حفر ردم المخلفات الحيوانية أو خزانات تحليل المخلفات الآدمية . على أن تحاط هذه المنطقة بسياج لمنع عبور الأفراد أو الحيوانات فوق موقع العين . تجهز حفره صرف لإزاحة سقوط المياه من على السطح وتلويثها لمياه العين .



شكل (9–4) نفق لحصد مياه عين التدفق العلوى

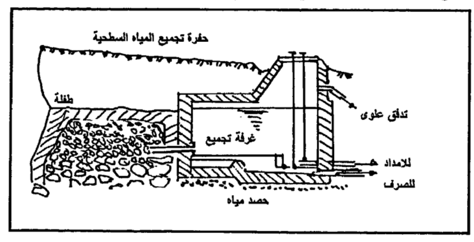
فى حالة الخزانات الجوفية ذات الصخور المفتتة يمكن استخدام مواسير محاطة بالزلط وكذلك يمكن جمع المياه باستخدام الإنفاق المبطنة (شكل 9–4) وذلك طبقاً لطبيعة مكونات التربة. عند وجود تدفقات عالية من التشققات فإن حصد مياه العين يكون مناسب طبقاً للشكل (4/10) ونظراً للسرعة العالية للمياه خلال الشقوق فإن مساحة الحماية من التلوث يجب إن تمتد إلى مسافة كبيرة وبما لا يقل عن 100 متر ويفضل حتى 300 متر فوق التيار بالنسبة للتسرب .



شكل (4-10) حصد مياه العين من تشققات خزان صخرى

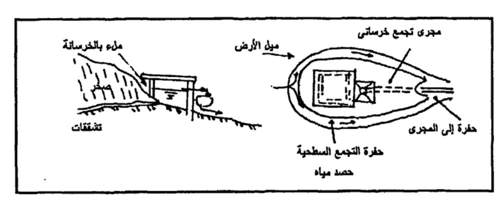
6 – حصد مياه العيون الارتوازية :

من الشكل الخارجى تبدو عيون المنخفض الارتوازية مثل عيون الانخفاض بالجاذبية ولكن تصرفها اكبر ومعدل التغير فى التصرف أقل ، ذلك بسبب اندفاع المياه تحت ضغط . لحصد المياه من العيون الارتوازية فإن منطقة التدفق يجب أحاطتها بجدار ممتد قليلاً أعلا من منسوب ارتفاع المياه ، والحماية من التلوث يتم تغطية غرفة التجميع شكل (4/11). عيون المنخفض الارتوازية ذات الامتداد الجانبي الكبير تتطلب نظام تجميع للمياه فى غرفة تجميع حيث تدفع إلى مواقع الاستخدام .



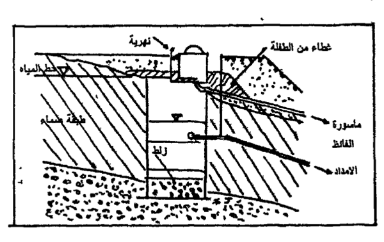
شكل (4-11) حصد مياه العين الانخفاض الارتوازى

لزيادة معدل التسرب والمحافظة على نوعية المياه يلزم نظافة موقع الصرف من كل المخلفات النباتية. كما يتم تغطية منطقة التغذية ذات السطح العلوى الحبيبى بطبقة من الركام المدرج، وذلك لحجز المواد العالقة. عيون التشققات يمكن تقييمها كعين انخفاض ارتوازية ولكن المياه تندفع من فتحة واحدة بما يجعل أعمال الحصد صغيرة شكل (4/12) .



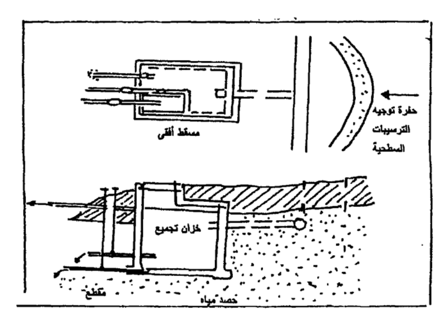
شكل (4-12) حصد مياه عيون التشققات ذات طاقة صغيرة

يمكن زيادة الطاقة بإزالة العقبات من فوهة العين أو بزيادة حجم فتحة الخروج شكل (4/13). يلزم توفير الحماية من التلوث. عيون الالتصاق الارتوازية حيث مساحة التصرف الكبيرة وعلى مسافة بعيدة من العين ، واندفاع المياه إلى الخارج تحت ضغط فإن المياه تكون مؤمنه ضد التلوث بواسطة الطبقة العليا الغير مسامية . التصرف يمكن أن يكون كبيرا وثابتا مع تغير قليل فى المعدل مثل هذه العيون جيده لتوفير الإمدادات بالمياه .



شكل (4-13) حصد مياه عين تشققات ذات طاقة اكبر

عند تدفقات المياه من نقطة واحدة يمكن حصد مياه العين بإقامة إنشاءات حصد صغيرة . أما فى حالة العين ذات التدفقات المنتشرة فإنه يتم إقامة حائط ساند على طول العرض مع الامتداد إلى الطبقة الصماء بالنسبة للأساس . بهذه الطريقة فإن تسرب المياه ومخاطر الاحتكاك والاصطدام يمكن تفاديها. قبل الحائط يتم عمل خندق تجميع فوق التيار مغطى بطبقة من الرمل للحماية من التلوث حيث تتدفق المياه الى حوض تجميع أخر شكل (4/14) .



شكل (4-14) حصد مياه عين التصاق ارتوازي ذات اتساع جانبي كبير



الفصل الخامس

التغذية أو إعادة شحن الخزان الجوفى بالماء

الفصل الخامس

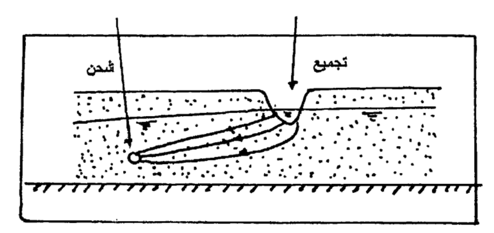
التغذية او اعادة شحن الخزان الجوفى بالماء

تعتبر المياه الجوفية أفضل من مياه المجارى السطحية والبحيرات نظراً لخلوها من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض مثل البكتيريا والفيروسات خاصة على الأعماق التى تزيد عن 40 متر من سطح الأرض . ولكن المياه الجوفية قد لا تكون متاحة أو تكون الكميات التى يمكن سحبها محدودة حيث أن السحب من المياه الجوفية يجب ألا يزيد عن التغذية الطبيعية لهذه الخزانات الجوفية .

لذلك فعندما تكون التغذية صغيرة، فإن السحب الآمن من البئر سيكون كذلك صغيرا .

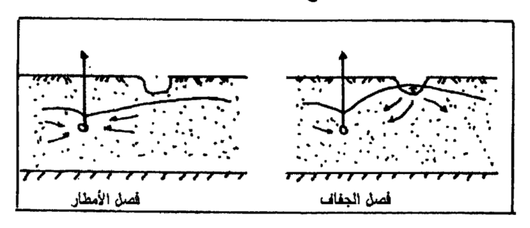
يمكن زيادة الشحن الجوفي للخزان الجوفي ما يزيد من السحب الآمن. وتتم عملية الشحن بتغذية الخزان الجوفي من الأنهار أو من البحيرات إما مباشرة أو بنشر المياه فوق منطقة التسرب حيث تتسرب المياه خلال التربة إلى الخزان الجوفي . الشحن الجوفي يمكن أن يوفر إمدادات المياه للتجمعات الصغيرة فى كثير من البلاد .

الشحن الجوفي بالإضافة إلى كونه من عوامل زيادة إنتاجية البئر فإنه يعمل كذلك على تنقية هذه المياه المتسربة . فعند تسرب المياه من المجارى الطبيعية كالأنهار أو من البحيرات خلال تربة ذات مسام وحبيبية شكل (5/1) فإنه يحدث الترشيح والإزالة لنسبة عالية من المواد الصلبة العالقة والهلامية (الغروية) وكذلك البكتيريا والفيروسات والكائنات الحية الصغيرة الأخرى ، حيث تعمل تربة الخزان الجوفى كمرشح رملى بطئ ، ذلك على أساس أن يتم استعادة ضخ المياه من مسافة كافية من نقطة الشحن والتى يفضل أن تزيد عن 50 متر. يتجه للعمليات البيوكيماوية والامتصاص والترشيح فإن المياه تصبح نقية وأمنه للاستخدام المنزلى. فى كثير من الحالات يمكن استخدامها بدون معالجة تالية حيث يتم تأكيد صلاحيتها بالاختبارات المعملية .



شكل (5-1) الشحن الصناعى للخزان الجوفى

الطرق الرئيسية للشحن الجوفي الصناعي للخزان الجوفي هى التسرب القريب من جسر المصدر المائي السطحي أو نشر المياه على سطح تربة مسامية. فى حالة الربط ما بين الشحن الجوفي والتخزين الجوفي فأنه يمكن تخزين المياه من المجرى المائي فى فترة وفرة المياه وإعادة سحب المياه فى حالة الجفاف أو فى حالة ضعف تدفقات المياه فى المجرى المائى شكل (5/2) . بالإضافة الى فائدة التخزين فانه يتم حماية المياه من الفقد بالبخر من التلوث لناتج عن نمو الطحالب .

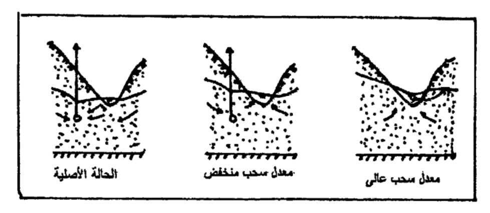


شكل (5-2) الشحن الصناعى مع تخزين المياه تحت سطح الأرض

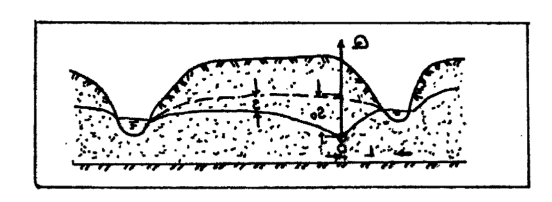
1- التسرب القريب من جسر المصدر المائي لوسيلة للشحن الجوفي :

لسحب المياه من المصدر المائى بشحن الخزان الجوفي تستخدم آبار أو رشاحات موازية للشاطئ. فى الأصل يتم تغذيه الخزان الجوفي من السد وما زاد عن طاقه

الخزان الجوفي فإنه يتسرب لتغذية النهر وعند سحب المياه وضخها من الخزان الجوفى فان تدفق المياه منه إلى النهر سوف ينخفض. سحب المياه من الخزان الجوفى يعمل على خفض منسوب المياه العلوي فى الخزان حيث قد يصل الانخفاض قريبا من الشاطئ إلى أدنى من منسوب المياه فى النهر بسبب إعاقة تدفقات المياه، عندئذ تدخل مياه النهر الى الخزان الجوفى ، شريطه إن تكون مجرى المياه الجوفية فى تربة ذات نفاديه مناسبة وبذلك يمكن استعادة كميه كبيرة من المياه الى الخزان الجوفي بدون التأثير على منسوب المياه الجوفية شكل (5/3). يتحكم فى شكل التغذية عاملين وهما معدل السحب من الخزان الجوفى بواسطة البئر أو الرشاح والمسافة شكل (5/4) .



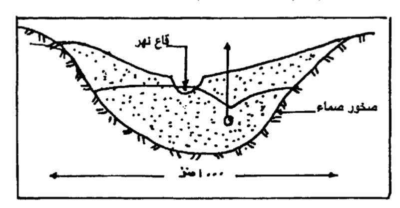
شكل (3-5) التسرب والسحب من جانب المجرى المائى



شكل (4-5) الشحن المخطط

ولإعطاء الزمن الكافي لتنقيه المياه أثناء سريانها من النهر إلى الرشاح فإن المسافة بينهما يجب ألا تقل عن 50 متر وتفضل أن تكون اكبر من 50 متر . العامل الهام فى رحلة المياه الجوفية هو الوقت حيث يلزم ما لا يقل عن ثلاث أسابيع وكلما

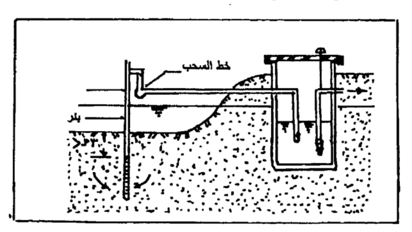
أمكن يكون شهرين أو أكثر . طبيعي ان زمن الرحلة لا يتوقف فقط على المسافة ولكن على معدل السحب وسمك الخزان الجوفى ونفاذيته. التغذية للخزان الجوفي بهذه الطريقة تفيد فى حالات ضعف وصغر التغذية الطبيعية . فمثلا فى حالة الخزان الجوفى المكون من تربة نفاذه وبجوار شاطئ المجرى المائي يكون عرض المقطع المائى له صغير شكل (5/5) .



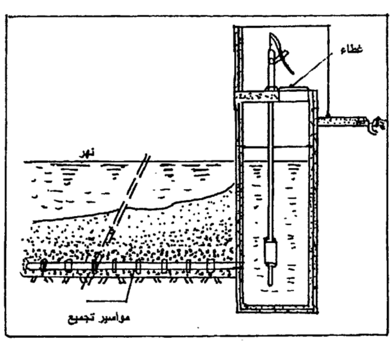
شكل (5-5) الشحن المخطط وسحب المياه من خزان جوفى صغير العرض

فى مثل هذه الحالات يكون السحب الآمن من هذا الخزان بالتغذية الطبيعية ضعيف لكن يمكن سحب كميات كبيرة فى حالة عمل التغذية المخططة .

طرق استعادة المياه التى تم شحنها يمكن أن تتم فى قاع النهر شكل (5/6) . يوضح بئر يعمل بالبثق متصل بخط سحب بالتفريغ (سيفون) ، بديل آخر وهو خط التجميع الآفقى الذى يوضع أسفل قاع النهر شكل (5/7) .

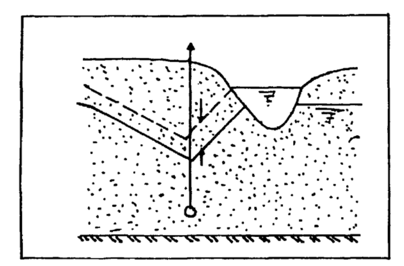


شكل (5-6) خط حربة (مصفاة) البئر فى قاع البئر

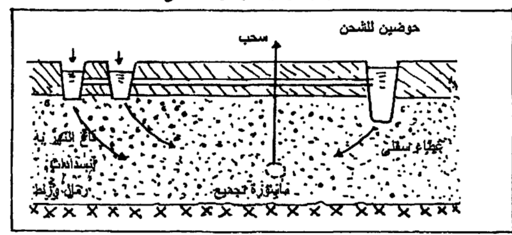


شكل (7-5) ماسورة تجميع أفقية أسفل قاع نهر

عند إعادة الشحن من النهر والسحب بواسطة البئر يحدث إعاقة وانسداد أحيانا بسبب المواد العالقة وترسيب المواد المذابة وهذا الانسداد يسبب فقد فى الضغط الرأسي للتسرب شكل (5/8). عادة انسداد قاع النهر ليس شكله نظراً لان التدفقات ستعمل على تنظيف جسور المجرى وكسح الرواسب . فى حالة النهر المجهز بالسدود وتكون نظافة الآجناب بفعل التدفقات غير موجودة او متقطعة . وبذلك يزداد انسداد مساحات التسرب الى درجة الخفض الكبير لمعدل التغذية. نظرياً يمكن عمل النظافة اللازمة لإزالة الرواسب ، لكن هذه تشكل صعوبة وغير عمليه . فى مثل هذه الحالات يكون من المناسب إنشاء حوضين لنشر المياه ويتم تغذيتهما من النهر شكل (5/9) . قاع هذه الأحواض يغطى بطبقة من الرمل المتوسط الحجم بسمك حوالى 50 سم ، عندئذ يكون الانسداد محصوراً فى السنتيمترات العليا للطبقة الرملية هذه والتى يمكن إزالتها بالكشط .



شكل (5-8) ضعف التسرب من قاع المجرى إلى الخزان الجوفى بسبب وجود ترسيبات وحدوث فقد فى الضغط



شكل (5-9) أحواض تغذية الخزان الجوفى باستخدام مياه النهر

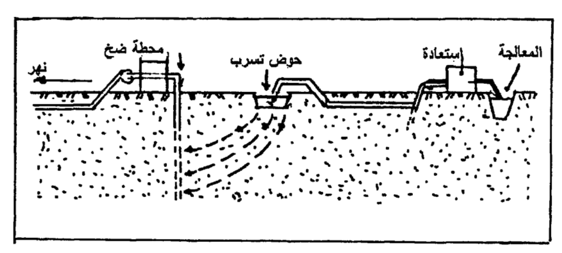
2 – نشر المياه :

الطريقة السابقة تتعلق بتغذية الخزان الجوفى لمصدر المياه السطحية ، ولكن فى بعض الحالات يكون الخزان الجوفى المناسب وجسر المصدر المائى بعيدين عن بعضهما . وفى هذه الحالة يمكن كذلك عمل التغذية الصناعية وذلك بنقل المياه من المصدر المائى الى ألاماكن حيث التربة مناسبة للتسرب والتدفقات تحت سطح الأرض. وهذا وإن كان يشكل تعقيدات فى شكل التغذية الا انه يفيد فى الاتى .

- توقف مأخذ المياه عند تلوث مياه المصدر او تدنى نوعية المياه .

- تحقيق عائد اقتصادى عند وجود مخطط اعادة الشحن قريبا من موقع التوزيع .

مخطط التغذية الصناعية بنشر المياه موضح فى الشكل (5/10) وهو يشمل المعالجة المسبقة للمياه قبل الشحن فى حوض تسرب ثم المعالجة بعد سحب المياه . المعالجة المسبقة تكون ضرورية لتجنب رسوب الطفلة فى المواسير أو حدوث نمو وتكاثر البكتيريا والذى يعمل على خفض طاقة التحمل للمواسير وكذلك يقلل من انسداد حوض الشحن بما يقلل من معدل التنظيف .



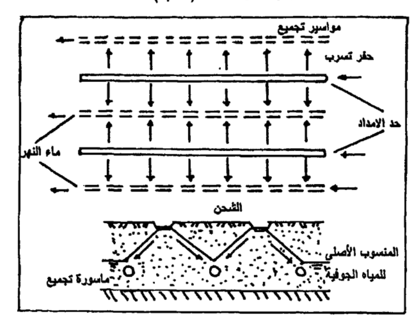
شكل (5-10) مخطط للشحن الصناعى واستعادة المياه

هذا بالإضافة إلى حماية الخزان الجوفى من حدوث التعفن بسبب وجود المواد العضوية التى لا يحدث لها تحلل ، يكون من الضرورى معالجة المياه التى يتم سحبها فى حالة عدم سلامة نوعية المياه ، كما فى حالة اختلاط المياه بأملاح الحديد والمنجنيز المذاب .

يتوقف تصميم مخطط الشحن على ثلاثة عوامل :

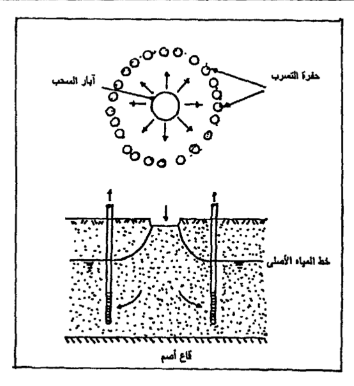
- معدل تسرب المياه فى أحواض التسرب . هنا المعدل يكون منخفضا بما يتطلب نظافة الحوض بعد فترة طويلة لا تقل عن عدة شهور أو ستة اشهر أو أكثر .
- زمن رحلة المياه ومسافة التدفق تحت سطح الأرض .
- أقصى فرق مناسب بين المياه المتسربه (فى الحوض) وخط المياه الجوفيه .

هذه العوامل مجتمعه تبين أن الشحن الصناعى للخزان الجوفى الضحل وخاصة فى التربة ذات التدرج المناسب للحبيبات يتم بإنشاء حوض التسرب كحفرة متصلة برشاح لسحب المياه الجوفية موازى لها شكل (5/11) .



شكل (5-11) إعادة الشحن للخزانات الجوفية الضحلة باستخدام حفر تسرب ومواسير تجميع

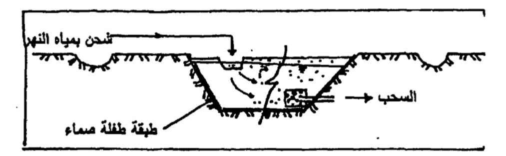
فى حالة الخزانات الجوفية العميقة وخاصة تلك ذات الحبيبات الكبيرة فإن حوض نشر المياه يفضل أن يكون فى شكل حوض تحيطه بطاريه من أبار السحب شكل (5/12) .



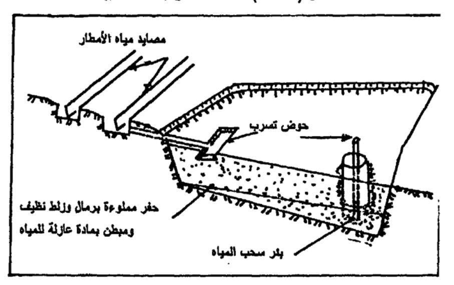
شكل (5-12) إعادة شحن خزان جوفى عميق باستخدام أحواض تسرب وآبار شحن

مخططات التغذية التى سبق ذكرها مناسبة للتجمعات الصغيرة وخاصة فى الريف. نظراً لمحدودية الاحتياجات من المياه فإنه يلزم الإطمئنان إلى صلاحية هذه المياه للشرب .

لخدمة 200 فرد حيث احتياجات الفرد بمتوسط 15 لتر فى اليوم فإن الاحتياج اليومى يكون 3 متر مكعب فى اليوم . باستخدام التغذية الصناعية يمكن توفير هذه الكمية. لتوفير زمن حجز المياه تحت الأرض يلزم 60 يوم ، بالإضافة إلى أن حجم الخزان الجوفى ذو نسبة الفراغات 40% يكون 450 متر مكعب لخدمة هذا التجمع وبفرض أن سمك الطبقة المشبعة 2 متر فإن المساحة السطحية تكون 225 متر (كمثال 7.5 متر عرضى × 30 متر طول) وهذه يمكن عملها بالحفر بعمق 3 متر مبطنه بطبقة من الطمى أو شرائح البلاستيك لتجنب الفقد بالتسرب شكل (5/13) . استخدام مياه الأمطار لتغذية الخزان الصناعى موضح فى الشكل (5/14) .



شكل (5-13) مخطط للشحن بطاقة صغيرة

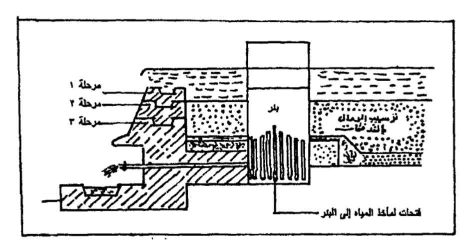


شكل (5-14) الشحن الصناعى باستخدام مياه الأمطار

السدود الرملية :

السدود الرملية هى خزانات مملوءة بالأحجار والرمال والزلط ، تخزن المياه فى الفراغات والمسام لطبقة الرمال هذه ، وهذا يعمل على خفض الفقد بالبخر . لذلك فإن استخدام السدود الرمليه مفيد فى المناطق حيث المعدل العالى للبخر . يمكن تخزين المياه لمدد طويلة حتى فى ظروف الجفاف حيث يمكن الاستفادة بمخزون المياه فى هذه السدود الرمليه .

يمكن سحب المياه من الخزان الرملى (السد الرملى) بماسورة رشاح وباستخدام بئر محفور فى طبقة الرمال قرب السد شكل (5/15) . عادة يمكن استخدام المياه بدون أى معالجة ، حيث يتم ترشيحها أثناء سريانها خلال طبقة الرمال .



شكل (15-5) مخطط السد الرملى

فى المناطق شبه الحارة حيث يكون من المتاح استخدام السدود الرملية حيث تحمل مياه الفيضان . الرواسب والزلط والرمال . لذلك عند بناء حائط الخزان (للتخزين) فى قاع النهر أثناء فترة الجفاف ، فإن مياه الفيضان سوف ترسب الرمال والزلط خلفه فى فترة الفيضان . هذا بالإضافة إلى حمل المياه لكميات كبيرة من الطمى. ولتأكيد إن ما يتم ترسيبه خلف هو الزلط والرمل فقط، فإنه يتم أولاً بناء حائط السد بارتفاع 2 متر فقط يلى ذلك رفع الحائط حيث ترسب الرمال والزلط وتتراكم . الارتفاع للسد على مراحل يمكن الطمى من أن يحمل فوق السد بواسطة تدفقات المياه. بعد 4-5 سنوات فإن السد يمكن أن يصل إلى كامل ارتفاعه (عادة 6-12 متر) .

السدود الممتلئة بالرمال يمكن استخدامها للتخزين الصناعى حيث يمكن حمل الأجسام الدقيقة العالقة بواسطة تدفقات المياه وبذا يمكن تجنب الانسداد الذى تحدثه الطفلة فى نظم التغذية أو الشحن الجوفي .

تغذية الخزانات الجوفية الساحلية بمياه السيول :

سمك طبقة المياه العذبة فى الخزانات الجوفية الساحلية يكون صغيراً كلما قربنا من شاطئ البحر ويزداد السمك كلما بعدنا عن الشاطئ ويرجع ذلك الى تسرب مياه البحر المالحة أسفل الخزان الجوفى للمياه العذبة ، حيث المياه المالحة الأعلا كثافة تكون أسفل المياه العذبة الأقل كثافة . يزداد سمك طبقة التربة الحاملة للمياه المالحة كلما اقتربنا من الشاطئ ويقل كلما بعدنا عن الشاطئ تتدفق المياه العذبة للخزان الجوفى الساحل عادة على البحر .

فى حالة حصد مياه السيول والأمطار يمكن تغذية الخزان الجوفى وزيادة سمك طبقة التربة الحاملة للمياه العذبه على حساب سمك طبقة التربة الحاملة للمياه المالحة .

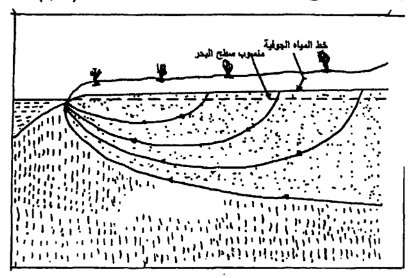
يمكن التغذية بأحد الطرق السابق ذكرها ومن بينها بناء سد على مجارى السيول التى تتجه نحو البحر حيث يعاد شحن الخزان الجوفى العذب ويتوقف أو يقل تسرب المياه المالحة أسفل الخزان الجوفى العذب .

توفير مياه الشرب النقية للمجتمعات السكانية الصغيرة فى السواحل البحرية :

يمكن توفير مياه الشرب النقية بطريقتين وهما استغلال الخزان الجوفى الساحلى وتحلية مياه البحر بالطاقة الشمسية .

1 – استغلال الخزان الساحلى :

توجد المياه العذبة فى طبقة من التربة فوق طبقة التربة الحاملة لمياه البحر فى الخزان الجوفى الساحلى. يمتد عمق (سمك) طبقة التربة الحاملة للمياه العذبة الى 40 ضعف المسافة ما بين خط المياه للخزان الجوفى (المياه العذبة) ومنسوب سطح البحر. يتدرج سمك كتلة المياه العذبه فى الزيادة كلما بعدنا عن الشاطئ ، يمكن سحب المياه العذبة بواسطة أبار المواسير أو أبار الحفر اليدوى (وهى ما تسمى بالأبار الرومانية فى الساحل الشمالى الغربي لمصر وتسمى الفوالج فى دول شبه الجزيرة العربية) يجب مراعاة عدم السحب الجائر حتى يتم المحافظة على منسوب المياه العذبة وعدم ارتفاع منسوب المياه المالحة على حساب سمك طبقة المياه العذبه شكل(5/16) .

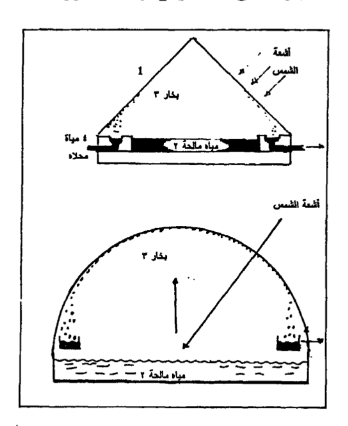


شكل (5-16) استغلال الخزان الجوفى الساحلى لسحب المياه العذبة بآبار المواسير أو بآبار الحفر على عمق 40 ضعف المسافة بين خط المياه الجوفية العذبة ومنسوب سطح البحر (حيث يزداد العمق مع البعد عن شاطئ البحر)

2 – التحلية بأستخدام الطاقة الشمسية :

الاستفادة بالطاقة الشمسية يعتبر اقتصادى حيثما تكون كثافة ضوء الشمس عالية . على مستوى الانتاج الصغير تتطلب تحلية المياه المالحة معدات بسيطة ولكن على المستوى الكبير تواجه بعض الصعوبات الفنية .

نموذج لجهاز التحلية المنزلى موضح فى الشكل (5/17) . يمكن إنتاج لتر من المياه العذبة النقية فى اليوم لكل قدم مربع من سطح الحوض ، وفى هذا الجهاز تمتص أشعة الشمس على القاع الآسود للحوض المحتوى على المياه المالحة بسمك قليل (ضحل) . ترتفع أبخرة المياه لتتكثف على السطح الزجاجى أو من البلاستيك الشفاف الى يميل بما يسبب تدفق الميته المكثفة على السطح الداخلى للزجاج (أو البلاستيك الشفاف). يكون شكل الجهاز اما فى شكل هرمى أو نصف كروى .



شكل (5-17) التحليلة باستخدام الطاقة الشمسية حيث يمكن تحلية لتر من المياه لكل قدم مربع من سطح جهاز التحلية
1. غطاء شفاف من الزجاج والبلاستيك 2. مياه مالحة
3. بخار ماء صاعد 4. مياه محلاوة

تسقط المياه المكثفة فى حوض التجمع – نظرا لان سطح التكثيف يعلو أحواض التجميع فأنه يجب أن يكون شفاف ليسمح بمرور أشعة الشمس الى القاع المغطى بطبقة سوداء التى تمتص أشعة الشمس وتحتفظ بها ، ولكن بعض أشعة الشمس يفقد بواسطة سطح التكثيف .

الباب الثانى

خفض الفقد من مياه العيون ومياه الأمطار والسيول وشحن الخزان الجوفى

الفصل السادس

الهيدرولوجى وحصد مياه الأمطار والسيول

الفصل السادس

الهيدرولوجى وحصد مياه الامطار والسيول

الهيدرولوجى هو فرع من علوم الارض المتعلقة بتوزيع وحركة المياه على سطح الأرض وتحت سطح الارض . علم الهيدرولوجى له أهمية كبيرة فى تكنولوجيا البيئة لأسباب كثيرة . الحالات الهيدرولوجية المتباعدة (Extreme) مثل حالة الجفاف حيث لا تتوفر المياه المطلوبة وحالة الفيض حيث المياه بوفرة كثيرة فى المكان الغير مناسب ، وهما من الحالات المعروفة المسببة للمشاكل البيئية . ولكن الجفاف والفيض ليسا فقط الاعتبارات الهيدرولوجية الهامة . عموما ، يجب تقدير وجود وكمية المياه وذلك للتخطيط والتصميم لنظم الإمدادات بالمياه والحماية من التلوث وطرق إدارة وحصد مياه الأمطار والسيول .

توفر المياه واستخداماتها :

الماء كما هو معروف أساسي لاستمرار الحياة ، يعتمد الإنسان على المياه بالإضافة للشرب والاستخدام المنزلى ، حيث تستخدم كميات كبيرة فى المجالات الصناعية والزراعية ، وتوليد الطاقة ، المزارع السمكية ، والنقل .

استخدام المياه يعنى به سحب المياه من مصدرها والذى يمكن أن يكون نهر أو بحيرة أو بئر ونقل هذه المياه الى مكان معين. فمثلاً المياه المستخدمة فى إغراض التبريد فى محطة توليد الطاقة يمكن سحبها من مجرى مائى قريب ، حيث تمر خلال محطة توليد الطاقة ، ثم تصرف ثانيا فى المجرى المائى بدون الفقد فى كمياتها. (يتم تبريد المياه قبل صرفها لمنع حدوث التلوث الحرارى). و من أمثلة الاستخدامات بدون سحب للمياه هى عمليات النقل والاستمتاع. لذلك فأنه يلزم التفرقة بين استخدامات المياه واستهلاك المياه ، حيث المياه المستخدمة فى الشرب أو التى تتحد مع احد المنتجات والتى لا يمكن إعادة استخدامها مباشرة هى المياه المستهلكة .

المياه توجد بكميات وفيرة فوق سطح الارض وتحت سطح الارض ولكن اقل من 1% فقط من هذه المياه هو المتاح للاستخدام الاقتصادى للمتطلبات التى سبق ذكرها ، ذلك لان معظم المياه هى اما مياه مالحة أو مياه متجمدة فى الجبال الجليدية .

كثيرا من المياه العذبة فى الأنهار والبحيرات حدث بها تلوث كبير حيث أصبحت غير مناسبة للاستخدام فى إمدادات المياه للشرب والاستخدام المنزلى .

توزيع المياه :

بالإضافة إلى محدودية المياه فأنه توجد مشكلة أساسية أخرى فى مجال إدارة الموارد المائية وهى أن المياه ليست موزعة جغرافيا بانتظام .

فى بعض المناطق توجد المياه الصالحة للاستخدام بوفرة نتيجة غزارة الأمطار والبرد والندى ، حيث يكون المتاح للاستخدام من هذه المياه هو الثلث فى المتوسط والذى يذهب إلى الأنهار والبحيرات والخزانات الجوفية. ولكن تندر المياه حيث يقل هطول الأمطار .

كمية سقوط الأمطار وتوفر المياه يمكن أن تختلف كثيرا حتى فى المساحة الصغيرة . التوزيع الغير متجانس للمياه من مكان جغرافى معين إلى مكان أخر هو أحد مشاكل إدارة الموارد المائية . كذلك فإن حدوث وتوفر المياه يتغير من وقت الى أخر . فى اى مكان معين قد تكون هناك فترات زمنية ذات مستوى منخفض من سقوط الأمطار أو حدوث حالة الجفاف ، حيث تكون النتيجة ندرة حادة فى المياه ذلك لاستخدام المتاح من المياه فى الخزانات أثناء هذه الفترات .

وعلى الجانب الأخر فأن نفس المنطقة يمكن أن يزداد فيها سقوط الأمطار بغزارة ، والذى ينتج عنه مشاكل فيضان خطيرة والتى قد يصاحبها فقد فى الأرواح والممتلكات بالإضافة الى التلوث البيئى . ولذلك فأنه فى اى مكان معين أن يكون هناك مياه كثيرة جداً او قليلة جداً طبقاً للظروف المناخية الطبيعية .

الدورة الهيدرولوجية (Hydrologic Cycle) (شكل 1-6)

المياه فى حركة مستمرة أعلى وأسفل وفوق سطح الأرض ، حتى فيما يبدو أنها مياه راكدة (كما فى البرك) فإن الماء يتبخر حيث يتحول البخار ويتحرك فى الغلاف الجوى بسبب الطاقة المكتسبة من الشمس وطاقة الجاذبية فأنه يوجد دائما دوران مستمر للماء ولبخار الماء. هذه العملية الطبيعية تسمى الدورة الهيدرولوجية ، تبدو بسيطة الا انه هناك الكثير نحوها اكثر ما تقع عليه العين. علماء الهيدرولوجى قاموا بدراسات معقدة فى مجال الإحصاء والرياضيات الحالية بهدف اساسى وهو قياس وتحليل العلاقات التى تتحكم فى شكل وكمية وتوزيع المياه. عند تفهم هذه العلاقات فإنه

يمكن تفهم التنبوءات المحتملة بما سيحدث من أمطار أو جفاف. تحدث الأمطار عند برودة (بخار الماء) الرطوبة الجوية وتكثيفها فى شكل نقاط من الماء هذه الترسيبات من مياه الأمطار يمكن ان تسلك ثلاث طريق مختلفة بعد وصولا الى الأرض . بعض منها يمكن ان يحتجز بالزراعات او بعض المنخفضات السطحية . بمعنى أخر فإنها تلتصق مؤقتا على أسطح الأوراق والحشائش أو تحتجز فى البرك. والبعض الأخر يتسرب إلى جوف الأرض من خلال سطح التربة . والجزء الأخير من الماء يمكن أن يتدفق فوق سطح الأرض . القياس والتوقعات للكميات النسبية من الماء. التى تتبع اى من هذه الطرق او المسارات يعتبر من المسائل الهامة فى علم الهيدرولوجى . بعض المياه التى يتم اعتراضها تتبخر فى الحال وبعضها تمتصه النباتات ' فى عمليه تسمى النتج أو الارتشاح (Transpirarion) عند استخدام المياه بواسطة النبات ومروره خلال الأوراق للحشائش والبنانات والاشجار وعودته الى الجو فى صورة بخار. العملية المشتركة للبخر والنتج تسمى (Evapo-transpiration). عموماً أكثر من نصف ترسيبات الأمطار التى تصل إلى الأرض تعود الى الجو ثانياً بهذه العملية قبل الوصول إلى البحار والمحيطات. التدفق السطحى يحدث عندما يزداد معدل هطول المطر عن المعدلات المشتركة لكل من التسرب داخل التربة والعملية المشتركة للبخر والنتج . طبيعى فإن التدفق على سطح الأرض يجد طريقة إلى قنوات المجارى المائية ، الأنهار، البحيرات .

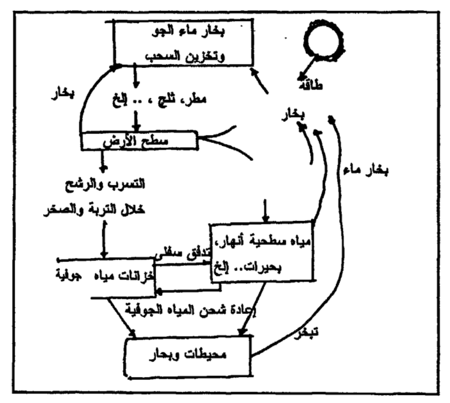
وأخيرا إلى البحار والمحيطات ، حيث تعتبر الأنهار والمحيطات هى نهاية المطاف لتدفقات المياه . كما سبق توضيحه حيث يصل حوالى ثلث الأمطار السنوية الى المجارى المائية والأنهار ، ولكن هذا يختلف من منطقة إلى أخرى .

المياه التى تتسرب سطح التربة تستمر فى التسرب خلال التربة المشبعة وطبقات الصخر المسامى ، مكونه خزانات ضخمة للمياه الجوفية . الخزان الجوفى ليس بحيرة تحت الأرض ، حيث الماء يملا المسام الصغيرة أو الفراغات بين حبيبات التربة والشقوق فى الصخور وهذا الذى يسمى الخزان الجوفى (Aquifer). المياه الجوفية يمكن بعد ذلك أن تتسرب إلى أعلى على سطح الأرض فى العيون او فى المجارى المائية (تدفق المياه الجوفية نحو المجارى المائية يعرف بتدفق القاعدة (base flow). والذى يمكن أن يكون المصدر الوحيد لتدفق المصدر أثناء الجفاف) .

طبيعى تجد المياه الجوفية طريقها نحو البحار والمحيطات إما مباشرة أو من خلال المجارى السطحية ، البخر من أسطح البحار والمحيطات يزيد من بخار الماء فى الجو بدرجة كبيرة ، حيث تحمل الرياح الهواء المحمل بالبخار فوق الأرض ، وتستمر الدورة الهيدرولوجية .

الدورة الهيدرولوجية الحضرية (Urbon Hydrological cycle)

فى المجتمعات يوجد تدوير مستمر للحياة ، حيث تسحب المياه من مصادرها فى الدورة الهيدرولوجية الطبيعية من المياه السطحية أو من المياه الجوفية حيث تضخ إلى نظم المعالجة والتوزيع بعد الاستخدام ، يتم تجميع مياه الصرف فى شبكة الصرف حيث تعالج لخفض تأثير الملوثات ثم الصرف ثانياً على المسطحات المائية أو فى الخزان الجوفى . العامل الهام فى تكنولوجيا البيئة هو استمرار هذه المياه فى المجارى المائية ، الأنهار و البحيرات وكذلك الخزانات الأرضية، هو المتبقى من ترسيبات الأمطار (Residue of precipitation) .



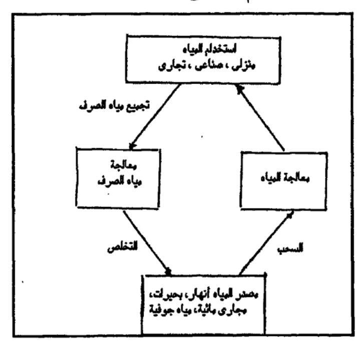
شكل (6-1): مخطط للدورة الهيدرولوجية فى الطبيعة. الدوران المستمر للماء يكون بفعل طاقة الشمس والجاذبية

إنه من المهم وضروري التعرف على بيانات سقوط الأمطار وتسجيلها وذلك لتقدر كمية الماء التى سوف تكون فوق سطح الأرض أو أسفل سطح الأرض . عوامل أخرى مثل طبوغرافية الأرض واستعمالات الاراضى لها دور فى العلاقة بين سقوط الأمطار وتوافر المياه .

العمق ، الحجم ، الكثافة (Depth , volume, Intensity)

تجميع بيانات سقوط الأمطار هو مسئولية مصلحة الأرصاد الجوية حيث توفر محطات قياس الإمطار خلال حدود الدولة . يعبر عن كميات سقوط الأمطار بعمق المياه المتراكمة فى قياس الأمطار أثناء سقوطها . يمكن التعبير عن الوحدات بالمليمترات أو بالبوصات . انه عادة يكون من الضرورى حساب متوسطات الأوزان للكميات سقوط المطر على اقليم معين باستخدام البيانات من عدة قياسات للأمطار Rain gauges)) . هذه البيانات يمكن وزنها بالنسبة للمساحة التى يغطيها كل قياس .أحيانا يكون من الضرورى حساب الحجم الكلى للمياه التى تسقط على مساحة أثناء عاصفة سقوط الأمطار . يتم حساب الحجم يضرب المساحة الكلية للأرض بعمق سقوط الأمطار ، كالاتى :

الحجم = العمق x المساحة .



شكل (2-6): الدورة الهيدروليكية فى المجتمع الحضرى

فى الوحدات المترية يعبر عن الحجم عادة بالمتر المكعب ، ولكن عمق سقوط الأمطار يعبر عنه بالمليمترات ، لذلك فان المساحة يجب تحويلا إلى الأمتار المربعة وعمق سقوط الأمطار يتم تحويله الى الأمطار . المساحات الكبيرة نسبيا التى يعبر عنها بالهكتارات يجب تحويلا أولا إلى الأمتار المكعبة .

مثالـــ :

أثناء سقوط الأمطار لمدة 20 دقيقه، كان عمق سقوط الأمطار الذى تم تسجيله هو 25 ملليمتر على مساحة 2.5 هكتار . احسب لحجم الكلى للماء الذى سقط على هذه المساحة أثناء عاصفة سقوط الأمطار .

الحلـــــ :

يتم أولا تحويل أعماق سقوط الأمطار من المليمترات إلى الأمتار

25 ميليمتر × $\frac{1}{1000}$ = 1.025 متر

تم تحويل الهكتارات إلى أمتار مربعه

2.5 هكتار = 2.5 x 10000 = 25000 متر مربع

باستخدام المعادلة الحجم = المساحة x العمق .

∴ الحجم = 25000 m^2 x 0.025 متر = 635 متر مكعب

≃ حوال 630 م^3

عادة الأكثر أهمية عن الحجم الكلى للأمطار هو المعدل الذى تسقط به الأمطار، الذى يسمى كثافة سقوط الأمطار (Rain fallintensity) . كثافة سقوط الأمطار يعبر عنها بالعمق فى وحدة الزمن مثل بوصة فى الساعة ، ميليمتر فى الدقيقه أو ميليمتر فى الساعة – مصلحه الأرصاد الجوية تجمع هذا النوع من البيانات باستخدام اجهزه تسجيل المطر الاليه التى تسجل الفترة الزمنية لسقوط الأمطار وكذلك العمق ، التسجيل المستمر لكميه سقوط الأمطار وكثافتها يتم توقيق على اسطوانة دوارة . يلاحظ عادة إن فترات هطول المطر القصيرة تكون ذات كثافة سقوط أعلا مقارنه بفترة السقوط الطويلة .

مثالـــــــــ :

من المثال السابق احسب كثافة سقوط الأمطار

الحلـــــــــ :

فى حالة استمرار الأمطار لمدة 20 دقيقه ، فانه يمكن حساب كثافتها بالميليمتر فى الساعة .

الكثافة: $\frac{\text{25 ميليمتر}}{\text{27 دقيقة}} \times \frac{\text{60 دقيقة}}{\text{ساعة}} =$ 75 ميليمتر فى الساعة

عند استخدام وحدات القدم المكعب الأمريكية للحجم ، ولكن فى التطبيقات الهيدرولوجيه فان الإحجام الضخمة من المياه يعبر عنها عادة بالفدان قدم (Acre- Ft). وهو كما هو موضح فى الشكل (6/3) انه الحجم المطلوب لتغطيه فدان من الأرض بعمق واحد قدم . نظر الآن الفدان يساوى (الفدان يساوى 4840 ياردة مربعه أو 0.4046 من الهكتار) 43560 قدم مربع x واحد قدم او 43560 قدم مكعب (32950 جالون).

مثالـــــ:

أثناء عاصفة سقوط الأمطار كان سمك سقوط الأمطار 4 بوصة على مساحة 120 فدان . الفترة الزمنية للعاصفة كانت 8 ساعة . ماذا كان متوسط سقوط الأمطار ؟ عين الحجم الكلى لسقوط الأمطار على المساحة فى 8 ساعات عبر عن الحل بالفدان – قدم وبالقدم المكعب

الحلـــــــــ:

يتم تعيين الكثافة المتوسطة بقسمة العمق الكلى للأمطار على الفترة الزمنية لسقوط الأمطار كالاتى :

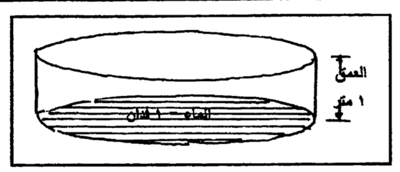
الكثافة = $\frac{\text{4 بوصة}}{\text{8 ساعة}} =$ 0.5 بوصة فى الساعة

العمق يتم التعبير عنه بالقدم . يمكن عمل الحساب كالاتى :

الحجم = 120 فدان x 4 بوصه x 1 قدم /12 بوصه = 40 فدان -قدم

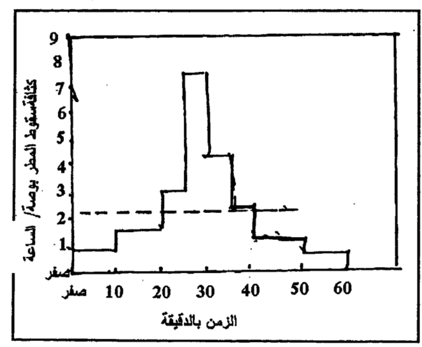
للتحويل من فدان – قدم الى قدم مكعب يستخدم

الحجم =40 فدان – قدم x 43560 قدم مكعب / فدان – قدم = 1700000 قدم مكعب .



شكل (6-3): فدان واحد – قدم من الماء يعادل الحجم الذى يغطى مساحة فدان من الأرض وبعمق واحد قدم أو **43560** قدم مكعب

من المهم اعتبار إن كثافة سقوط الأمطار ليست مستمرة خلال فترة السقوط ، رغم إن متوسط الكثافة هو رقم مفيد جداً فى كثير من المسائل الهيدروليكيه وتطبيقاتها . فى بعض التحاليل الهيدروليكية يكون من الضروري الحصول على معلومات تفصيلية أكثر عن كثافة سقوط الأمطار . هذه البيانات يمكن توقيعها على مخطط الذى يوضح كثافة سقوط الأمطار (أو الحجم) مقابل الوقت . مثال لهذا المخطط موضع فى الشكل (6/4) لاحظ أن متوسط كثافة سقوط الأمطار خلال فترة زمنية 60 دقيقة هو حوالى 2.2 بوصة / الساعة ، بينما ذروة الكثافة هى 8 بوصة / الساعة .



شكل (6-4): مثال لكثافة سقوط المياه مقابل الوقت

فترة التكرار (Recurrence Interval)

اظهرت الخبرة العادية أن حالات الهيدرولوجيا مثل سقوط الامطار لا تحدث بأى نظام محدد ، حيث حدوث الأمطار وكثافتها وفترة استمرارها هى حالات طبيعية عشوائية لنفترض مثلا حالة الأمطار فى المثال رقم (1) ، والتى سقطت بسمك 25 مليمتر لمدة 20 دقيقة فبالرغم من الطبيعة العشوائية لحالات حدوث المطر ، إلا انه يمكن تعيين متوسط تكرار الحدوث للعواصف الممطرة ذات الكثافة والفترة الزمنية المحددة . سيكون من المناسب إذا كان التاريخ المضبوط الذى تحدث فيه عاصفة سقوط أمطار مشابهه فى المستقبل يمكن التنبؤ بها ، ولكن من الواضح أن هذا مستحيل. فمثلا حتى فى حالة عدم إمكان تعيين تاريخ العاصفة الثانية 20 دقيقة – 25 مليمتر مقدماً ، إلا انه من الممكن التنبؤ بعدد الحالات التى من المتوقع أن تحدث فيها عواصف ممطرة مشابهه خلال العام القادم او خلال عدة سنوات . هذا بالإضافة إلى التنبؤ باحتمالات ملاحظة تلك العاصفة ثانيا فى أى فترة زمنية .

باختبار تسجيلات سقوط الأمطار لسنوات كثيرة واستخدام التحاليل الإحصائية ، فأنه يمكن تعيين متوسط عدد السنين بين العواصف الممطرة ذات الكثافة المحددة وفترة الاستمرار المحددة . هذا الفاصل الزمنى بين العواصف المطرية المشابهة يسمى فترة التكرار أو عودة الفترة الزمنية للعاصفة . فترات العودة الزمنية هذه يتم تحديدها وتسجيلها بواسطة مصلحة الأرصاد الجوية ' وكذلك مصمموا حماية البيئة يجب أن يعرفوا كيفية قراءة واستخدام البيانات .

عند تطبيق هذه البيانات يستخدم التعبير (N – year storm) أى عدد تكرار مرات حدوث العاصفة المطرية ويرمز له بالرمز (N) . فمثلا عاصفة ذات فترة تكرار زمنية 5 سنوات تسمى عاصفة – 5 سنوات. وهذا يعنى أنه خلال فترة زمنية طويلة ، فأن متوسط الفاصل الزمنى بين العواصف ذات هذه الكثافة المعينة ومدتها المحددة هو 5 سنوات . وهذا لا يعنى أن عاصفة ممطرة مشابهه سوف تحدث مرة واحدة تماماً كل 5 سنوات . فى الحقيقة فإنه من الممكن أن يحدث أكثر من مرة خلال 5 سنوات مثل هذه العاصفة خلال فواصل زمنية صغيرة ، حتى خلال العام الواحد ، ولكن فرص هذا تكون ضئيلة .

يلاحظ كذلك أن احتمالات حدوث العاصفة – 5 سنوات فى أى فترة زمنية مدتها 5 سنوات ليس بنسبة 100% . بمعنى أخر يمكن القول أن عاصفة 5 سنوات ستحدث بالتأكيد خلال الخمس سنوات القادمة مثلاً . ولكن خلال فترة زمنية طويلة 500 عام مثلا سيكون هناك حوالى 100 من هذه العواصف – 5 سنوات .

احتمالات الحدوث :

البيانات عن كثافة وفترة الاستمرارية وفترة العودة للعواصف الممطرة لها أهمية فى تصميم منشآت الصرف وكذلك لتوقعات ذروة التدفقات فى الانهار . وعلى الطرف الأخر من الدورة الهيدرولوجية ، فإن معرفة شدة الجفاف وتردد حدوثه له أهمية فى تصميم خزانات الإمداد بالمياه .

بسبب عدم التأكد وعدم الانتظام لطبيعة الحوادث الهيدرولوجية ، فأنه توجد دائما مخاطر الفشل عند تصميم المنشأ أو الوسيلة المتعلقة بالمصادر المائية . فمثلا النهر المستخدم لإمدادات المياه قد لا يمكنه توفير الماء الكافى للتجمعات خلال فترات الجفاف. حتى فى حالة بناء خزان صغير للتغلب على هذا ، فأنه تظل دائما المخاطرة نحو حدوث جفاف أكثر حدة والذى يسبب جفاف هذا الخزان ، هذه المخاطر يمكن خفضها ببناء خزان ضخم ، ولكن هذا سيكون أكثر تكلفة .

المصممون يجب أن يكونوا قادرين على المواءمة بين الاقتصاد والمخاطرة باستخدام قواعد الاحتمالات .

فرصة أو احتمال وقوع حدث يمكن التعبير عنه بكسر أو رقم عشرى أو نسبة مئوية. فمثلا احتمال قذف قطعة العملة المعدنية لتكون صورة وليس كتابة هو مرة واحدة فى كل مرتين أو 2/1 - 0.5 -50% على المدى الطويل 50 قذفة من بين 100 يمكن أن تكون صورة . احتمال واحد أو 100% يمثل تأكيد والاحتمال صفر مستحيل. توجد علاقة بسيطة بين الفترة الزمنية لعودة حدوث العاصفة الهيدرولوجية. إذا كان الحرف (N) هو فترة التكرار لهذه الحادثة (بالسنين) ، عندئذ فأن الاحتمال (P) لتلك الحادثة لتكون متساوية أو أكثر فى سنة ما هو مقلوب الحرف (N) يعبر عنه بالمعادلة

$$p = \frac{1}{N}$$

فمثلاً ، احتمالات حدوث العاصفة المطرية -5 سنوات فى اى سنه واحدة هو $p = \frac{1}{5}$ =0.2 =20% وهذا يعنى كذلك أن هناك فرصة أقل من 20% نحو حدوث عاصفة أسوا أو اشد كثافة فى أى سنة .

بالاعتماد على الخبرة العادية ، يمكن ملاحظة أن العواصف الممطرة الكثيفة تكون قليلة ومتباعدة فيما بينها . بمعنى أخر كلما تباعد الفاصل الزمنى للحدوث الهيدرولوجى ، كلما كبرت فترة تكرارها وكلما زادت فترة تكرارها (N) كلما قلت احتمالات الحدوث (P) ، ذلك بسبب العلاقة العكسية بين الاثنين. فمثلا توجد فقط بنسبة 1% فقط نحو حدوث عاصفة -100 عام فى سنة معينة. إنه احتمال قليل جداً لملاحظة عاصفة قوية 100 عام مقارنة بعاصفة -5 عام (رغم انه فى مناطق كثيرة تسجيلات سقوط الأمطار لا تعود الى الخلف لمدة مائة عام ، يمكن استخدام نظريات الإحصاء أو الاحتمالات لإمداد البيانات الموجودة بعد الفترة الحقيقية للتسجيل .

للايجاز كلما زادت فترة التكرار (N) كلما قل احتمال تساوى أو زيادة الحادث الهيدرولوجى فى سنة ما . هذا مفهوم هام . عموما كلما زادت حساسية المشروع نحو الفقد فى الأرواح ، الخسائر الاقتصادية ، أو الأثر البيئي السئ كلما كانت قيمة (N) المستخدم فى حسابات التصميم اكبر .

السد مثلا يمكن تصميمه لاحتواء فيضان 100 عام بينما اجمالى صرف العاصفة الممطرة يمكن تصميمه لتداول التدفق من عاصفة -2 سنه. فى الحالة الأولى حيث تصميم السد للتدفق الضخم سيقلل من فرص الفشل أو تصدع السد ويؤكد حماية الأرواح والمتاع تحت التيار .

وفى الحالة الثانية يتم عمل المقارنة بين توفير المال للإنشاءات ' اخذ الفرصة نحو صرف العاصفة والتدفقات مرة كل عامين أو هكذا.

العلاقة بين الكثافة ، زمن التكرار ، التكرار

(Intensity , Duration , frequency , Relationships)

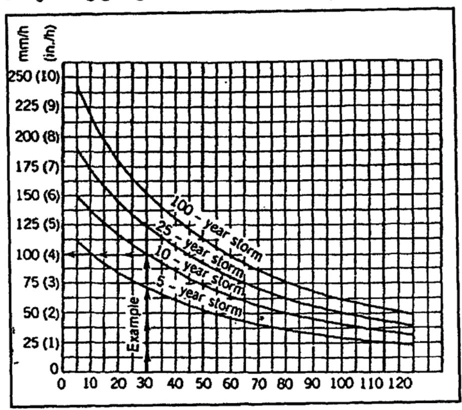
فى هذه المناقشة المصطلحات مثل كثافة العاصفة المطرة ، فترة استمرار العاصفة، الفاصل الزمنى للتكرار تم دراستهم كما لو كانوا كميات مستقلة ، ولكن تلك العواصف الثلاثة مرتبطين ببعضهم البعض بما يتطلب دراستهم معا. المصطلح

الترددى (Frequency) للعاصفة أو أى حادثة هيدرولوجية يختلف بطريقة عكسية مع فترة عودتها – 10 سنوات مثلاً سوف تحدث فى احايين اقل من العاصفة – 5 سنوات.

بيانات سقوط الأمطار التى يتم تجميعها بواسطة مصلحة الأرصاد الجوية يتم تجميعها وتحليلها ونشرها فى أشكال مختلفة ، العلاقات ما بين كثافة سقوط الأمطار ، فترة استمرارها ، وتردد حدوثها يمكن توضيحها فى مخطط فى شكل منحنيات أو خرائط ، او يمكن التعبير عنها فى شكل معادلات ، حيث تستخدم هذه البيانات بواسطة المصممين لتقدير تدفقات العاصفة الممطرة وأقصى تدفق أو صرف .

منحنيات سقوط الامطار (Rain fall curves)

نموزج لمجموعة من منحنيات كثافة ، فترة استمرار تردد سقوط الامطار فى الشكل (6/5) . الاطار العام لسقوط الامطار يختلف طبقا للوضع الجغرافى والمناخ . للتطبيق الحقيقى لبيانات سقوط الامطار لمشكلة تصميم حقيقية فأن منحنيات سقوط الامطار المناسبة لمكان معين تحت الدراسة يتم الحصول عليها من الجهه المسئولة عن رصد حدوث الامطار .



شكل (5–6): نموذج لكثافة سقوط الأمطار زمن الاستمرار، منحنى التردد.
المنحيات مثل هذه يتم إعدادها بواسطة إحصائيات سقوط الأمطار

تستخدم منحنيات سقوط الأمطار بهذا الشكل بدخول المحور الافقى مع الفترة الزمنية لاستمرار العاصفة التى يتم اختيارها ، ثم التحرك افقيا للتقاطع مع زمن عودة عاصفة معينة (الخطوط المنحنية) ثم التحرك رأسيا نحو المحور الافقى ، حيث يتم قراءة كثافة سقوط الأمطار . فمثلا يمكن من الشكل (6/5) ملاحظة أن عاصفة – 10 سنوات واستمرارها لمدة 30 دقيقة سوف تكون كثافتها 100 مليمتر فى الساعة (أو حوالى 4 بوصة / الساعة). شكل منحنيات سقوط الأمطار هذه تعكس حقيقة أن العواصف ذات فترة الاستمرار القصيرة لها متوسط كثافة أعلى من العواصف الطويلة، كذلك بالنسبة لفترة استمرار معينة ، تكون الكثافات العالية تقابل العواصف ذات فترة التكرار الطويلة .

مثال :

عاصفة مطرية استمرت لمدة 40 دقيقة وأسقطت سمك 50 مليمتر × (2 بوصة) من الأمطار. باستخدام منحنيات سقوط المطر فى الشكل (5–6) قدر احتمالات ملاحظة عاصفة مماثلة فى العام التالى .

الحل :

احسب كثافة العاصفة كالاتى :

$$\text{الكثافة} = \frac{50}{40}\frac{\text{مليمتر}}{\text{دقيقة}} \times \frac{60}{1}\frac{\text{دقيقة}}{\text{ساعة}} = 75 \text{ مليمتر فى الساعة .}$$

الآن استخدم الشكل (6/5) على المحور الافقى ب 40 دقيقة وعلى المحور الرأسي ب 75 مليمتر فى الساعة . تقاطع الخطوط الأفقية والرأسية الممتدة من هذه النقط تقع تقريبا فى منتصف المسافة بين عاصفة – 5 سنوات ، عاصفة – 10 سنوات. من هذا يمكن استنتاج أن زمن العودة للعاصفة محل الدراسة هو حوالى 7.5 سنة احتمال ملاحظة عاصفة مشابهه أو اشد كثافة فى العام التالى يتم حسابها باستخدام المعادلة التالية

$$P = \frac{1}{7.5} = 0.13 \text{ أو } 13\%$$

معادلات سقوط الأمطار:

العلاقة بين الكثافة – فترة استمرار والتكرار أو التردد يمكن التعبير عنها بمعادلات بدلا من شكل المنحنيات ، أحد المعادلات التى يمكن استخدامها هو.

$$i = \frac{A}{t + B}$$

حيث :

i = كثافة سقوط الأمطار ميليمتر / الساعة (بوصة / الساعة)

T = الفترة الزمنية لسقوط الأمطار بالدقيقة .

B , A = ثوابت تتوقف على فترات التكرار والشكل الجغرافى للمكان .

قيم الثوابت B,A تم استخراجها من أماكن مختلفة من المدينة فمثلاً بالنسبة لعاصفة – 10 سنوات فى غرب وسط ولايات الاطلنطى يمكن أن تكون B,A . 5840 ، 29 على التوالى (هذه القيم ال B,A تستخدم فى حالة النظام المترى ، الكثافة (i) فى هذه الحالة بالمليمتر / الساعة .

مثالـــ :

باستخدام معادلة سقوط الأمطار $(\bar{i} = \frac{A}{t + B})$

عين شدة أو كثافة سقوط الأمطار العاصفة – 10 سنوات لفترة استمرار 6 دقيقة حيث فى كاليفورنيا A = 5840 ، B = 29 ، فى الولايات الغربية A = 1520, B = 13

الحلـــ :

باستخدام المعادلة حيث t = 60 دقيقة

فى كاليفورنيا $i = \frac{5840}{60 + 29}$ = 66 مليمتر / الساعة .

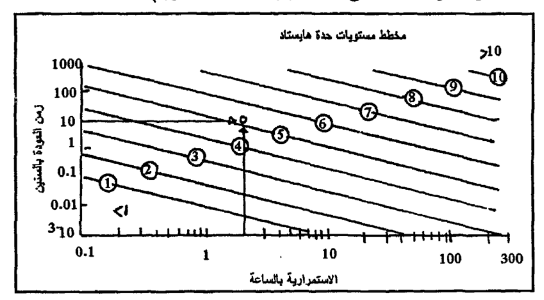
فى الولايات الغربية $i = \frac{1520}{60 + 13}$ = 21 مليمتر / الساعة .

خرائط سقوط الأمطار :

يمكن توقيع سقوط الأمطار على خرائط ، حيث توضح الخطوط المتصلة عمق الأمطار خلال عام معين ولمدة استمرار معينة .

نظام تقسيم سقوط الأمطار :

المصطلحات المستخدمة فى أزمنة العودة مثل سقوط الأمطار – 5 سنوات أو عاصفة – 100 سنة هى لوصف حوادث سقوط الأمطار – قد يلاحظ من الوهلة الاولى أن سقوط الأمطار – 5 سنوات صغيراً مقارنة لحالة – 100 سنة ولكن هذا ليس الواقع بالضرورة ذلك لان استمرار العاصفة يلعب دور هام فى وصف حدة العاصفة الممطرة . فمثلا من الممكن أن عاصفة – 2 سنة لمدة 24 ساعة، يكون لها عمق أمطار أعمق عن عاصفة – 50 سنة لمدة ساعة واحدة والذى ينتج عنه زيادة فى هطول الأمطار فى حالة العاصفة – 2 سنة والتى قد يكون لها تأثير بيئى أكثر حدة وأحداث خسائر اكبر فى المتاع والممتلكات. بغرض توصيف حدة العاصفة ، يكون عندئذ من الضرورى حساب زمن العودة وفترة الاستمرار (عامل أخر يمكن أن يؤخذ فى الحساب هو مقدار المساحة التى تحدث فوقها العاصفة المطرية) .



شكل (6-6): توقيع لوغاريتمى لزمن عودة سقوط الأمطار مقابل الوقت

أحد مقترحات نظام تقسيم الأمطار هو مخطط الحدة لها يستاد (HIS – Haested – Severity – Index) والذى يستخدم عشرة مستويات للقيمة تعرف بالعلاقة اللوغاريتمية بين أزمنة العودة والاستمرار وخمسة أنواع من الحدة تشبه تلك المستخدمة فى الأعاصير والزوابع .

المخطط الذى يوضح مستويات (HSI) موضح فى الشكل (6/6) والجدول (6/1) يوضح العلاقة بين مستويات (HSI) وحالات الحدة .

شكل (6/6) توقيع لوغاريتمى لزمن عودة سقوط الامطار مقابل فترة استمرار سقوط الامطار لتعيين مخطط الحدة لها يستار لعاصفة . فمثلا عاصفة – 10 سنوات – 20 ساعة لها مستوى هايستلد 5.1 .

جدول (6/1) مخطط مستويات الحدة لاستياد ومستويات الامطار :

مخطط الحدة لهيوستاد	التصنيف	الوصف العام
اقل من 2.5	لا شئ	غير واضح كفيضان ، نوعية مياه قابلة للاستخدام
من 2.5 الى 4	1	فيضان ضعيف فى المساحات ، مناطق الصرف الضعيفة
من 4 الى 5.5	2	الاقتراب من طاقة التصميم لخطوط صرف الأمطار مع توقف فيضان الشوارع .
من 5.5 الى 7	3	معظم خطوط الصرف وطاقة القنوات تزيد عن طاقتها، ارتفاع فى قنوات المياه
من 7 الى 8.5	4	زيادة عن تصميم كل نظم النقل والصرف ، الإغراق وإحداث تلفيات .
اكبر من 8.5	5	حوادث سقوط أمطار مسببة للدمار ، فوق طاقة شبكات الصرف والمجارى السطحية والأنهار ، حيث الفيضان المدمر

مثال :

إحسب مستوى هايستاد لحادثين لسقوط الأمطار مع فترة زمنية للعودة 10 سنوات، وعين تصنيف كل حادثة . العاصفة الأولى استمرت لمدة ساعتين والعاصفة الثانية استمرت لمدة 48 ساعة .

الحل :

من الشكل (6/6) تقاطع الخطوط الافقية والعرضية لعشر سنوات ، 2 ساعة ينتج مستوى حدية أو هايستاد حوالى خمسة .

من الجدول (6/1) يلاحظ أن مثل هذه العاصفة سيكون تصنيفها ضمن الحادثة رقم (2) المستوى الذى سوف يقترب طاقة التصميم لشبكات حصد الامطار التقليدية ومداخلها .

ثانيا من الشكل (6/6) لعشرة سنوات ، واستمرار العاصفة لمدة 48 ساعة ' فأن هايستاد هو حوالى (7) – من الجدول (6/1) ، يكون التصنيف (4) والذى سوف يسبب حدوث فيضان مدمر ، كلا العاصفتين لهما نفس الفترة الزمنية للتكرار أو الحدوث ' ولكن العاصفة ذات الاستمرار الأطول لها حدية اشد أو مقدار اكبر وهنا واضح فى حالة العواصف ، يعنى زيادة حديتها ، ولكن هذا ليس واضحاً عند مقارنة عاصفتين لهما فترة عودة زمنية مختلفة ، كما يوضحه المثال التالى .

مثال:

ما هى العاصفة ذات الحدة الأشد ، هل العاصفة – 5 سنوات لمدة 48 ساعة أو العاصفة – 100 سنه لمدة 20 دقيقة .

الحل :

من الشكل (6/6) والجدول (6/1) يلاحظ ان العاصفة – 5 سنوات 24 ساعة هى فى التصنيف (3) بينما العاصفة 100 سنة – 2 دقيقة (0.33 ساعة) هى فى التصنيفات رقم (2) والذى هو أقل حدة .

فى هذه الحالة فإن العاصفة – 5 سنوات يمكن أن تحدث تلفيات أكثر من العاصفة – 100 سنة .

المياه السطحية **Surface Water**

المياه التى تتدفق على الأرض تسمى عادة الماء الجارى فوق سطح الأرض أو ماء المطر (Run off). هذا الماء الجارى الذى لم يصل بعد إلى قناة مجرى محددة يسمى التدفق فوق سطح الأرض (Over Land Flow) (على سطح ناعم مثل الرصف). هذا النوع من الماء السطحى هام فى حالة مناقشة نظم صرف مياه الأمطار . فى

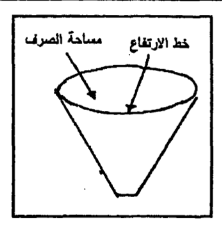
معظم الحالات ، المصطلح المياه السطحية تشير الى المياه التى تنساب فى المجارى المائية والأنهار وكذلك المياه المخزنة فى البحيرات الطبيعية أو البحيرات الصناعية .

مستجمعات المياه : (Water Sheds)

كما سبق توضيحه يحدث المطر المنهمر (Run off) عندما تزيد معدل الترسيب أو هطول الأمطار عن معدل الإعاقة أو البخر والنتح . المساحة الكلية للأرض التى تسهم فى المطر الزائد نحو النهر أو المجرى المائي تسمى مستجمعات المياه ويمكن إن تسمى أحواض الصرف أو مساحات الحجز ، وخاصة فى حالة تدفقات الماء نحو أو فى نظام صرف حضرى. و عموما يهتم المهندسون فى تحديد كمية المياه الزائدة فى نقطة معينة فى المجرى الطبيعى أو نظام الصرف الهندسي هذه النقطة تسمى مخرج الحوض أو نقطة التركيز .

يمكن تحديد الحد الطبيعى المحيط بمستجمعات الحجز من الخريطة الطبوغرافية باستخدام خطوط كنتور ارتفاعات الأرض . بالنظر إلى الخريطة الطبوغرافية سيلاحظ تدفق المياه بحرية عمودى على خطوط الكنتور ، والذى هو اتجاه أدنى انحداراً عند أى نقطة . عند فحص الخريطة الكنتورية ويلاحظه الإطار العام للتدفق فوق سطح الأرض ، عندئذ يكون من الممكن تعيين حدود مستجمعات المياه ، هذا الحد يسمى خط تقسيم الصرف او خط السد (Drainage Divid Line Or Ridge Line) هو يفصل مستجمعات المتجاورة .

صورة مبسطة لمستجمع المياه هى تلك للقمع شكل (6/7). الحدود المتسعة عند قمة القمع تمثل خط الاعاقة أو السد والمساحة الدائرة الداخلية لخط الإعاقة تمثل مساحة الحجز . مع سقوط الأمطار داخل اطار الحجز أو الإعاقة فإنها تتدفق إلى أسفل نحو المخرج الضيق عند القاع ، والذى يمثل نقطة التركيز فى التطبيقات العملية ، يجب رسم وتحديد خط السد أو الإعاقة على خريطة طبوغرافية بواسطة المهندس أو الفنى المختص . عادة خط الإعاقة أو السد يكون غير منتظم الشكل وليس فى شكل دائرة كما فى حالة قمة القمع ، ونقطة التركيز تقع على الخط وليست فى منتصف المساحة ، نظراً لان المسقط الرأسى لمستجمع المياه يكون مرسوماً .



شكل (7-6): منظر مبسط لحوض صرف أو مستجمع المياه

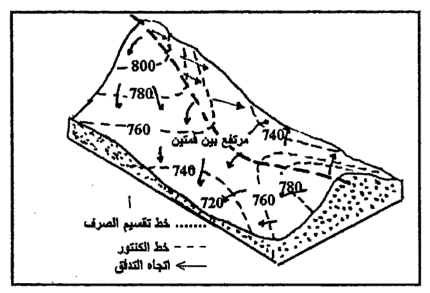
لرسم خط تقسيم الصرف على خريطة طبوغرافية يمكن اتباع الخطوات التالية .

1 – ابدء عند نقطة التركيز هذه يمكن أن تكون تقاطع مجريين عند نقطة حيث يتدفق المجرى خلال بالوعة أو بربخ أو عداية بطريق رئيسى ، أو عند موقع خزان . خط التقسيم سوف يبدأ وينتهى عند هذه النقطة .

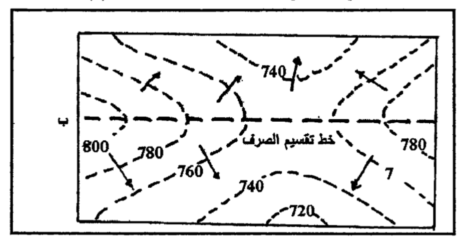
2 – يتم اختبار خطوط الكنتور لتعيين الشكل العام للتدفق . وتصور سقوط الماء على الأرض عند أى نقطة وملاحظة أى طريق سوف تسلكه . أبدا بمخطط مقاطع خط التقييم الذى يفصل بوضوح مستجمع مياه عن مستجمع المياه المجاور . هذه الأجزاء من الخط سوف تتبع العوائق والسدود والمرور خلال المرتفعات بين القمم الطبوغرافية. نلاحظ أن خط تقسيم الصرف الطبيعى هو دائما عمودى على خطوط الكنتور .

3 – املأ اى فراغات يمكن أن تترك فى الخط الجارى توقيعه احيانا ، خط التقسيم سينحرف بحدة على قمة السد او العائق للمرور خلال أحد المرتفعات التى تصل بين قمتين (Saddle) على الخط .

مخطط موقع إطارات التدفق وخط تقسيم الصرف موضح فى الشكل (6/8–أ) ومنظر رأسى لنفس المنطقة موضح فى الشكل (8–6–ب). الانحناءات الحادة التى يمكن أن يتصف بها خط التقسيم عند مروره خلال السدود والمرتفعات المجاورة (6/9). خط تقسيم صرف أخر موضح فى الشكل (6/8) كخط منقط ومهشرا .



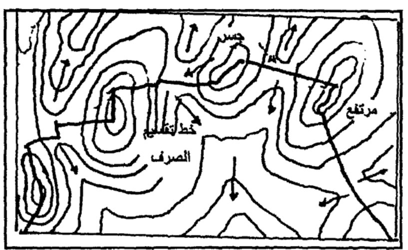
شكل (8-6أ): منظر عام للتدفق حيث الأسهم تشير إلى إتجاه التدفق خط تقسيم الصرف يمر خلال مرتفعين والسرج أو المرتفع الأقل المتصل بينهما بما يفصل عدد (2) من مستجمعات المياه



شكل (8- 6ب): منظر رأسى لخريطة طبوغرافية التى توضح نفس خط تقسيم الصرف وخطوط الكنتور الموقعة فى(أ)

النقطة التى عندها تتقاطع أو يتداخل مجريين تسمى نقطة الجمع أو الحشد (Point Of Confluence) ، مع تداخل التدفقات الصغيرة ، فأنه تتكون المجارى الضخمة أو الأنهار. مساحة التجمع لمجرى معين يمكن أن تكون مجرد جزء من منطقة استجماع المياه الأكبر . المساحات الأصغر تسمى أحواض فرعية لمنطقة

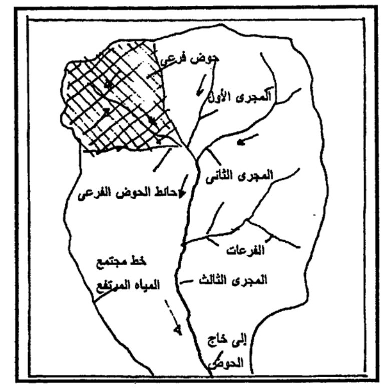
استجماع المياه (Subbasin Of the Water Sheds) . نموذج لشبكة الصرف موضح فى الشكل (6/10). يمكن تقسيم المجارى طبقا لوضعها فى الشبكة الكلية . التقسيم التقليدى هو مجارى الدرجة الأولى ، مجارى الدرجة الثانية وهكذا. مجارى الدرجة الأولى ليس لها اى روافد أو مجارى أصغر تتدفق نحوها. مستجمعات المياه لنهر كبير قد تشمل آلاف من الأميال المربعة وكذا تتضمن كثيرا من الروافد الصغيرة . هذه المستجمعات الضخمة للمياه تسمى كذلك أحواض النهر .



شكل (6-9): خط تقسيم الصرف أو ينحرف بشدة على مرتفع أو على جسر كما هو موضح

مساحة حوض الصرف تعنى اجمالى مساحته الأفقية . الأحواض الصغيرة نسبياً يمكن أن يعبر عنها بالفدان أو الهكتار. تجهيزه ميكانيكيا تسمى مقياس المسطحات (Planimater) تستخدم عادة لقياس المساحة بمجرد تتبع حدود مستجمع المياه. يمكن معايرة مقياس المسطحات الحديث للقراءة الرقمية للمساحة على أساس مقياس الرسم للخريطة المستخدمة .

حجم ومعدل تدفق مستجمع المياه هو دلالة لمتغيرات كثيرة . مساحة الحوض والكثافة وفترة الاستمرار لسقوط الأمطار لها تأثير مباشر على كمية ومعدل الفيضان، عوامل أخرى تشمل ميل الأرض ، نوع التربة والتغطية النباتية ونوع استخدامات الأرض. فمثلا، المساحة المسطحة ذات التربة الرملية سوف تنتج فيض أو تدفقات أقل من المساحة المائلة ذات التربة الطفلية. كثيرا من المياه سوف يتسرب خلال مسام التربة الرملية فى الحالة الأولى تاركاً جزء صغير من الأمطار ليكون تدفقات سطحية. كذلك المناطق الحضرية كثيفة السكان تسبب زيادة فى الفيض عن المناطق الريفية .



شكل (10-6): مستجمع المياه الضخم عادة يشمل مساحة تجميع صغيرة أو أحواض صغيرة

تدفق المجرى المائى (Streem Flow)

كمية أو حجم المياه التى تتدفق فى المجرى المائى تسمى معدل التدفق أو الصرف للمجرى المائى. الصرف يقدر بالحجم فى وحدة الزمن الذى يعبر أى نقطة فى المجرى المائى .

الوحدات المترية للصرف هى عادة المتر المكعب فى الثانية ، المتر المكعب فى الساعة ، او بوحدات القدم المكعب فى الثانية أو بالجالون فى الدقيقة . مقطع المجرى الذى له ميل ثابت تقريبا ، وكذلك المقطع والصرف يمكن أن يسمى اللسان المنبسط من المجرى (Reach Of the Steem) . يختلف تصرف المجرى مع الوقت . عموماً تلاحظ التدفقات العالية فى شهر الربيع والصيف ، بينما المعدلات المنخفضة من المنصرف تكون فى فصل الشتاء ، وهذا ما يحدث فى شمال غرب الولايات المتحدة . ذوبان الجليد يمكن إن يساهم بشكل كبير فى تصرف المجرى. التغيرات فى التصرف التى تحدث على أساس كل اسبوع او كل يوم أو كل ساعة لها علاقة مباشرة بحوادث

سقوط الأمطار . فى بعض المجارى المائية يمكن أن يكون تغير كبير فى التصرف ما بين الوفرة والجفاف .

معدلات التدفق المنخفضة يمكن أن تسبب مشاكل بيئية فى المجارى المستقبله للصرف من محطات معالجة مياه الصرف بسبب قلة المياه فى المجرى لتخفيف تركيزات مياه الصرف .

كذلك فأن معدل التصرف المنخفض للمجرى المائى يمكن أن يسبب مشاكل بيئية اذا كان هذا المجرى هو مصدر لإمدادات المياه ولكن التصرفات العالية جداً عادة تحتم إنشاء نظم التحكم فى الفيضان .

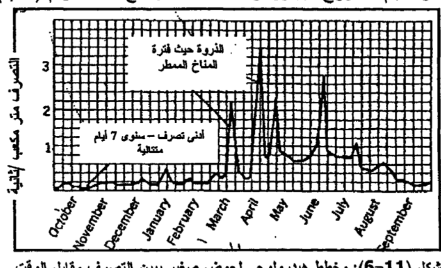
علم وصف المياه : (Hydrographs)

مخطط التصرف مقابل الوقت يسمى الهيدروجراف . المحور الرأسى يمثل التصرف والمحور الافقى يمثل الوقت . الفواصل الوقتية قد تمتد إلى عدة سنوات أو لعدة ساعات ، طبقا لنوع الهيدروجراف واستخدامه .

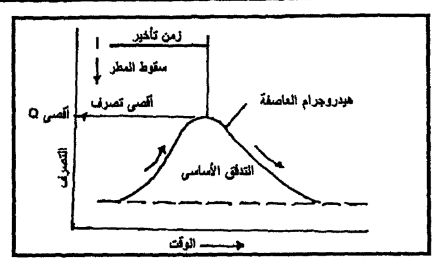
تدفق المجرى خلال فترة عام واحد يمكن توقعه كهيدروجراف سنوى كما هو موضح فى الشكل (6/11) .

القمم المرتفعة فى المخطط تمثل فترات السقوط الكثيف للامطار .

الهيدروجراف المطر الغزير أو عاصفة الهيدروجراف تمثل التدفق فى المجرى بالنسبة لحادثة سقوط أمطار معينة . الفاصل الزمنى على المحور الافقى يكون عادة بالساعات أو الايام . نموزج الهيدروجراف العاصفة موضح بالشكل رقم (6/12) .



شكل (6-11): مخطط هيدرولوجى لحوض صغير يبين التصرف مقابل الوقت



شكل (12-6): مخطط العاصفة أو الفيضان يوضح التأثير المباشر لواقعة سقوط الأمطار على تدفق المجرى

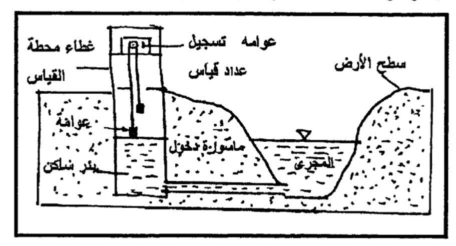
بعد بدء العاصفة بقليل والتدفقات فوق الارض تصل قناة المجرى ، فأن التصرف المجرى يبدأ في الزيادة . وهذا يوقع كطرف مرتفع الهيدروجراف بعد فترة زمنية والتى تسمى فتر التخلف (Lag Time) والتي تعتمد على الخواص الطبيعية لمستجمع المياه ، يحدث أقصى تصرف . أقصى تدفق في المجرى هذا يمكن أن يحدث لساعات كثيرة بعد توقف هطول المطر . بعد الوصول الى حالة الذروة هذه فأن تدفق المجرى يقل تدريجيا نحو التدفق الأساسي . التدفق الاساسى (Base Flow) هو التدفق الطبيعى للمناخ الجاف فى المجرى ، والذى يستمر بسبب تسرب المياه الجوفية من التربة نحو قناة المجرى. المجرى الذى له تدفق أساسى خلال العام يسمى مجرى دائم طوال السنة (Perennial Streem) . المجرى الذى يجف تماماً أثناء فترات قلة سقوط الأمطار يسمى المجرى المتقطع . قنوات المجرى الدائم تخترق خط المياه الجوفية ، بينما المجارى المائية المتقطعة تقع فوق خط المياه الجوفية

محطات القياس (Gaging Stations)

المنشأ الثابت الذى يسمى محطة القياس يتم إنشاؤه على طول النهر لتوفير التسجيل المستمر للتدفق مقابل الوقت . مخطط لمحطة القياس كما فى الشكل (6/13). أساس القياس فى محطة القياس هو عمق الماء فى المجرى المائى أو النهر ، ارتفاع سطح الماء فوق منسوب قياسى هو المسافة بين منسوب القاع ومنسوب الماء هذا

الفرق فى المنسوب يتغير مع تغير التصرفات كما هو متوقع كلما زاد المنسوب زادت التصرفات .

يمكن قياس فرق المنسوب وتسجيله على مخطط دوار بواسطة تجهيزه، تعمل بالطفو . الكابل والعوامة عند أحد الأطراف وثقل الاتزان .

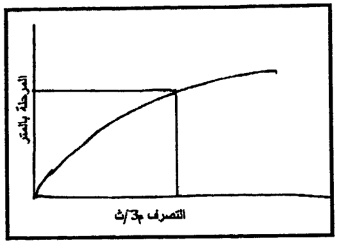


شكل (6-13): مقطع لمحطة قياس المجرى، حيث ارتفاع الماء فى البئر الساكن هو نفسه فى حالة النهر أو المجرى

على النهاية الاخرى ويكون معلق على بكره كما هو موضح بالرسم .

تتحرك العوامة إلى أعلى وإلى أسفل مع تغير المناسيب ، بما يعمل على دوران البكرة وبذا يتغير مكان القلم على المخطط . البئر الساكن ، متصل بقناة المجرى بواسطة ماسورة ، يمنع التغيرات الكثيرة لمنسوب الماء بسبب الرياح او اى عوامل أخرى . تستخدم بذلك تقنيات تسجيل رقمية حديثة وأجهزة القياس عن بعد .

قبل بدء محطة التسجيل فى توفير البيانات حول تدفق المجرى ، يكون من الضرورى تعيين العلاقة الحقيقية بين فرق المنسوب والتصرف . هذه العلاقة عادة يعبر عنها فى شكل مخطط فى منحنى تقديرى (Rating Curve) أو منحنى تصرف المنسوب كما فى الشكل (6/14) . بمجرد عمل هذا المنحنى التقديرى للمجرى ، يكون من الضرورى فقط قياس الفرق المنسوب (Stage) لمعرفة ما هو التصرف بالنسبة لحجم معدل التدفق .



شكل (14-6): منحنى مرحلة التصرف للمجرى المائى أو النهر،
موضحاً العلاقة بين معدل التدفق وعمق الماء فى هذا النهر

أحد الطرق المستخدمة لربط العلاقة بين مرحلة فرق المنسوب والتصرف هى بإنشاء سد صغير أو هدار فى قناة المجرى (الهدار هو أعاقة فى المجرى حيث يجب أن تتدفق المياه أعلاها) . ارتفاع المياه المتدفقه فوق الهدار ، تسمى الرأس على الهدار وترتبط هيدروليكيا بحجم معدل التدفق .

فى المجارى الكبيرة والأنهار ، قد تكون إعاقة تدفق المياه باستخدام الهدار طريقة غير عملية . زيادة عمق الماء خلف الهدار يمكن أن يسبب فيضان للماء تحت التيار . بدلا من ذلك التجهيز المسماه مقياس التيار (Current meter) تستخدم غاطسة عند نقط مختلفة فى النهر لقياس سرعة التدفق عند فروق المناسيب المختلفة . نموزج لقياس التيار يشمل دافع صغير الذى يدور فى الماء بمعدل يتناسب مع سرعة الماء . مع معرفة العمود ومساحة المقطع للمجرى حيث يتم عمل قياس للتيار ، فأنه يمكن حساب التصرف . نظراً لان عمق وشكل قاع المجرى قد يتغير بالتدريج بسبب البرى أو الترسيب ، فإن منحنى المعدل يجب مراجعته وتحديثه من أن لأخر . يمكن حاليا استخدام إحصائيات تدفق المجرى بدون محطات قياس باستخدام نظم معادلات حديثة .

الجفاف أو ندرة المياه (Droughts)

الجفاف هو طول الفترة الزمنية للمناخ الجاف التى تسبب نقص فى المياه المتاح. على الجانب الأخر ، الفيض هو ما يحدث عند فيضان المجرى أو النهر خارج الاجناب ، بعد فترة من المطر الغزير أو إنصهار الجليد. كلا هاتين الحالتين هما حدود

هيدرولوجية قصوى والتى تعتبر حالات سيئة بالنسبة للمشاكل البيئية ، بالإضافة إلى احتمال ما تسببه من فقد فى الأرواح والممتلكات .

لخفض المشاكل بسبب الفيضانات أو الجفاف ، فأن مصممى الإنشاءات الهيدروليكية ووسائل إدارة المياه يجب أن يكونوا قادرين على التقييم الكلى لحدة وتكرار تلك الحوادث . قيمة الفيضان (N) سعة لمستجمع مياه معين يجب أن يتم تحديده إذا كانت جهود التحكم فى الفيضان ستكون مؤثرة. التدفق المنخفض فى المجرى بسبب الجفاف يجب تقديره إذا كانت المشاكل المتعلقة بالفترات الزمنية الطويلة للمناخ الجاف يمكن تجنبها .

الى حد كبير حدوث وشدة الفيضانات أو حالات الجفاف يمكن أن ترتبط بالترسيبات. نظرا لان تسجيلات الترسيب تكون متاحة أكثر من بيانات تدفق المجرى المائى ، فإن المصممين عادة لهم اختيار محدود ولكن لعمل تقديرات لحدوث الجفاف او الفيضان من واقع تسجيلات بيان سقوط الأمطار. من المفترض أن الفترة الزمنية لتكرار أقصى تصرف للمجرى هى نفسها الفترة الزمنية لعودة العاصفة الممطرة التى تم حساب التصرف منها .

التدفقات المنخفضة التى تحدث باستمرار فى المجارى المائية أثناء الجفاف لها أهمية لسببين. اذا كان المجرى يستخدم فى إمدادات المياه فأنه يجب تعيين إذا كان يجب بناء خزان لتاكيد الإمداد المناسب أثناء الجفاف ، وإذا كان المجرى يستقبل مياه صرف من محطة معالجة مياه الصرف الصحى ، حيث يجب تحديد ما اذا كان التدفق المنخفض للمجرى المائى سيظل مناسب لتخفيف الصرف أو أن الأمر يتطلب بعض التقنيات المتقدمة للمعالجة .

متوسط أدنى تصرف خلال فترة زمنية مدتها أسبوع مع التكرار عشر سنوات تدفق

(Minimum Average 7 -Consecutive day – 10-years flow)

فى دراسات تلوث المياه يعرف تدفق الجفاف أو الندرة عادة بأنه متوسط أدنى تصرف خلال فترة زمنية واحد أسبوع مع فترة تكرار عشر سنوات . وهذا ما يسمى أدنى متوسط الأيام السبعة المتتالية – لعشر سنوات تدفق ويرمز له – MA7CDIO) flow) نظرا لان قيمة (N) لهذا التدفق هى كل 10 سنوات ، فإنه توجد فقط نسبة احتمال قيمتها 10 % نحو حدوث جفاف أشد قوة فى اى عام . بمعنى أخر فإن

الاحتمال سيكون 90% أن ادنى تصرف اسبوعى فى المجرى سيكون اكبر من (MA7CDIO) وهذا يعتبر عموما لتوفير مخاطر مقبولة بخصوص مقاومة تلوث المياه حيث يستخدم (MA7CDIO) لحسابات التصميم .

عند توفر تسجيلات لسنين كثيرة من تصرف المجرى المائى فإنه يمكن استخدام طريقة إحصائية تسمى تحليل التكرار او التردد (Frequency Analysis) وذلك لتقدير الفقرات الزمنية للعودة أو لتكرار حالات الجفاف . نفس الطريقة يمكن استخدامها لتعيين ترددات أو العودة للعواصف الممطرة من واقع تسجيلات الترسيبات والفواصل الزمنية لحدوث ذلك .

تعتبر بيانات أزمنة العودة من البيانات الهامة للمصمم بما يتطلب تعيين هذه البيانات .

لتوضيح الطريقة ، سيتم تناول مثال مبسط لتعيين تدفقات حالة الجفاف فى المجرى. وفى المثال الآتى: تستخدم فقط 5 سنوات لتسجيلات التصرف. فى التطبيق العملى يلزم توفر تسجيلات لفترات زمنية أطول للحصول على نتائج ذات معنى ، ولكن لأغراض التوضيح ولإظهار الامتداد بعد فترة التسجيل فسيتم تناول المثال التالى .

مثالـــــــــــ :

الآتى بيانات مسجلة عن تدفق مجرى مائى ، قدر ادنى متوسط الايام السبع المتتالية لخمسة سنوات تدفق (MA7CD5) .

أدنى – 7 أيام

العام	متوسط التصرف م^3 / ث
1980	4.4
1981	2.8
1982	4.00
1983	3.4
1984	5.2

الحلـــــــ: أولا أعد ترتيب بيانات التدفق فى شكل متناقص للقيمة الدرجة (قيمة -m) لكل تدفق مع البدء بواحد ثم الزيادة بواحد على التوالى. يقدر الاحتمال لملاحظة التدفق

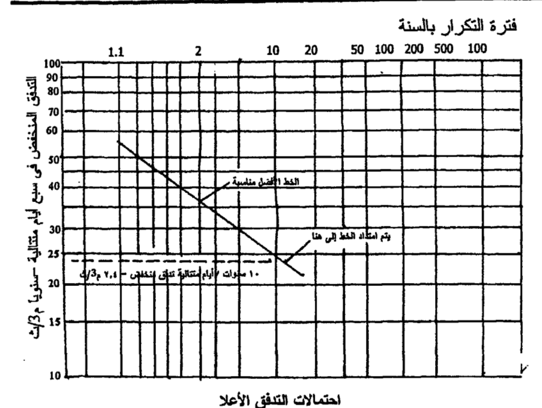
المساوى أو الأعلى فى أى عام بقسمة الدرجة (m) على عدد السنين + (n+1) فى هذا المثال n=5 فى المعادلة من الاحتمالات :

$$P = \frac{m}{(n+1)}$$

لذلك يكون عندنا

التدفق المنخفض م^3/ ث	الدرجة (m)	الاحتمالات (P)
5.2	1	0.167 - 6/1
4.4	2	0.333 - 6/2
4.00	3	0.500 - 6/3
3.4	4	0.667 - 6/4
2.8	5	0.833 - 6/5

عادة يتم توقيع البيانات الهيدرولوجية على نوع خاص من ورق الاحتمالات اللوغاريتمية (Logarithmic probabity Paper). يتم توقيع النقط عادة كخط مستقيم او قريبا منه . التدفقات المنخفضة والاحتمالات المقابلة لها فى هذه المسألة وقعت على الشكل(6/15) . تم رسم الخط المستقيم الأكثر ملاءمة خلال النقط الموقعة ثم تم امتداده حتى قيمة احتمال 90%. وهذا يوضح معدل التدفق على المحور الرأسى للمخطط الذى سوف يزداد تسع أضعاف من عشرة فى أى سنة تالية. على العكس احتمالات ملاحظة التدفق المنخفض (الجفاف الأكثر شدة) هو 10% هذا التدفق لذلك يمثل تدفق (MA7CDIO) كما هو موضح فى الشكل (6/15) فأنه (MA7CDIO) لهذا المجرى (المبنى على خمسة سنوات المحددة جدا من التسجيل) يقدر عند 2.4 م^3 / ث.



شكل (15-6): يستخدم ورق لوغاريتم الاحتمال لتقدير تدفق الجفاف في مجرى أو نهر (MA7CD10)

الخزانات : (Reservoirs)

عندما يكون تدفق المجرى المائى غير كافى لتحقيق الامداد بالمياه وخاصة فى فترات الندرة أو الجفاف فإنه يمكن بناء خزان للتغلب على هذه المشكلة . الخزان يحقق تساوى التدفق فى المجرى المائى ويحتجز الزائد من التدفقات اثناء فترة المطر الغزير للاستخدام أثناء فترات انخفاض التدفق فى المجرى . الخزان الذى يعمل اساساً للإمداد بالماء يسمى خزان الحفظ (Conservation Reservoir) الخزان من هذا النوع يتم انشاؤه على موقع طبيعى له طبوغرافية مناسبة وذلك ببناء سد على المجرى المائى بما يسمح بتكوين بحيرة صناعية. خزانات الحفظ عادة ضخمة وتوفر طاقة لفترة زمنية طويلة من المناخ الجاف. الفيضان وإغراق الأرض بالبحيرة الصناعية يمكن أن يكون له تأثيرات بيئية واجتماعية كبيرة ، والتى يجب أن تراعى بالإضافة إلى الاعتبارات الفنية والاقتصادية للمشروع .

بسبب العوامل البيئية والاقتصادية ، فإنه من غير المناسب بناء السد بسبب واحد فقط مثل الإمداد بالمياه . الخزانات توفر فى وقت واحد هذا وكذلك إحتياجات أخرى مثل التحكم فى الفيضانات ، والطاقة الهيدروكهربية والاستمتاع وهذه الخزانات متعددة الأغراض . أنواع أخرى من الخزانات تشمل خزانات الحفظ والتوزيع لتوزيع المياه ، وخزانات الحجز للتحكم فى مياه العواصف الممطرة.

الطاقة التخزينية لخزان كبير يعبر عنها عادة بالمليار متر مكعب . صرف الخزان يمثل كمية المياه التى يمكن أن يوفرها الخزان خلال فاصل زمنى معين بدون أن يجف.

العلاقة ما بين انتاجية الخزان ، طاقته التخزينية هى العامل الهام فى تصميمه .

طبقا لتقرير حديث صادر من المؤتمر الدولى للسدود ، فإنه يوجد حوالى 800000 سد فى العالم من بين هذه حوالى 45000 تعتبر سدود عالية – اكثر من 15 متر ارتفاع او ذات طاقة أكثر من 3 مليون تر مكعب (حوالى نصف السدود الكبيرة فى العالم تم بناءه بغرض الرى أساساً). ويعتبر السد ذو المجارى او الشعب الثلاث على نهر يانجينز فى الصين الذى صمم أساسا للتحكم فى الفيضان وتوليد الطاقة الكهربية ، اكبر سد فى العالم . ولكن لسوء الحظ فأنه عندما يمتلئ الخزان فإن الماء خلف السد العالى بارتفاع 180 متر يسبب غرق كثير من الاراضى والمتاع بما يسبب هجرة كثيرا من الناس وترك منازلهم

مخطط التجميع الهيدرولوجى : (summation Hydrograph)

لتعيين الحجم المطلوب لخزان الحفظ فأنه يجب استخدام التسجيلات لتدفقات المجرى لسنين طويلة ، عادة تصمم خزانات الحفظ لتوفير التصرف المطلوب اثناء الجفاف الذى يساوى أسوا حالات الجفاف طبقاً للتسجيل . مخطط التجميع الهيدرولوجى او يسمى أحيانا مخطط الكتلة (MassDiagram) هو وسيلة تخطيطية مناسبة لتعيين حجم التخزين المطلوب . هذه التقنية موضحة فى المثال التالى .

مثال :

خزان حفظ يتطلب توفير سحب منتظم لتصرف 60 مليون لتر فى الشهر بدون أن يحدث له استنزاف . تسجيلات تدفق المجرى للسنوات ذات أدنى تدفق تم تلخيصها على أساس شهرى كالاتى :

الشهر	تدفق المجرى بالمليون لتر فى الشهر
يناير	60
فبراير	100
مارس	180
ابريل	20
مايو	15
يونيو	15
يوليو	5
اغسطس	15
سبتمبر	115
اكتوبر	200
نوفمبر	180
ديسمبر	100

حدد الحجم المطلوب للخزان

الحل :

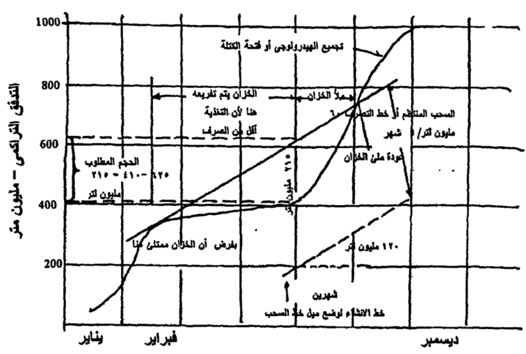
أولا عين تدفق المجرى التراكمى الداخل الى الخزان على أساس شهرى فمثلاً فى شهر فبراير التدفق التراكمى سيكون 60+100 = 160 مليون لتر وفى شهر مارس سيكون 160+180 = 380 مليون لتر .

مجرد إضافة التدفقات لكل شهر. جهز جدول للتدفقات التراكمية الشهرية كالاتى :

الشهر =	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو
التدفق التراكمى مليون / لتر=	60	60	340	360	375	390	395

الشهر =	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
التدفق التراكمى مليون / لتر=	410	525	725	905	1005

والان يمكن توقيع التدفقات التراكمية الشهرية على مخطط كما هو موضح فى الشكل (6/16). هذا المخطط هو نتيجة توقيع التدفقات مقابل الوقت ولكن التدفقات تراكمية مع الوقت.



شكل (16~6): تجمع الهيدرولوجى للمثال السابق

ميل مخطط التجميع الهيدرولوجى او منحنى الكتلة (Mass Curve) يمثل معدل التدفق الداخل فى الخزان . لاحظ أن المنحنى مستقيم جداً أثناء شهور الصيف بسبب انخفاض تدفق المجرى خلال تلك الفترة .

يمكن تمثيل التصرف أو السحب المنتظم كخط مستقيم على المخطط ، فى هذه الحالة فإن خط السحب له ميل 60 مليون لتر/ الشهر كما هو مبين فإنه يكون ميل منحنى الكتلة أكثر استقامة عن ميل خط السحب فإنه يكون الماء الخارج من الخزان أكثر من الداخل إليه، والخزان يتم تفريغه عندما يكون منحنى الكتلة (Mass Curve) أشد انحداراً عند خط السحب ، فإنه يكون الماء المتدفق الى الداخل أكثر من التدفق الخارج للخزان. ويكون الخزان فى حالة ملئ .

ارسم خط موازى لخط السحب ومماس لخط الكتلة عند النقطة (A) فى الشكل (15/ 6) النقطة (A) عموماً تمثل ذروة منحنى الكتلة حيث أنها متقعرة إلى أسفل. بفرض أن الخزان قد ملئ توا عند هذه النقطة فأنه سيبدأ فى الحال فى خفض حجم

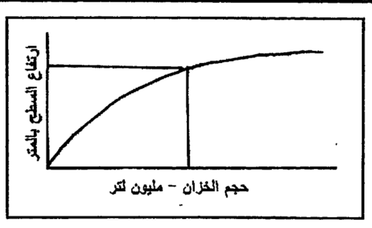
الماء ، بمجرد تخطى النقطة (A) فأن معدل السحب يزيد عن معدل الدخول للمياه ولكن بعد عدة شهور يزداد انحناء منحنى الكتلة ويزيد معدل التدفقات الداخلة عن معدل السحب ويبدأ حجم المياه فى الزيادة. عند النقطة (b) حيث يتقاطع الخط مع منحنى الكتلة فأن الخزان يصبح عند أقصى طاقته مرة أخرى. المسافة الرأسية بين خط التصرف AB ومنحنى الكتلة تمثل حجم المياه خارج التخزين لتوفير التصرف .

فى هذا المثال أقصى مسافة رأسية تقاس لتكون 215 مليون لتر، كما فى الشكل (15/ 6) وهذا هو ادنى حجم تخزين مطلوب لتأكيد أن التصرف المطلوب يمكن تحقيقه .

نظرا لان هذا الحجم 215 مليون لتر ، كان قد تم تحديده لاسوا سنين الجفاف على التسجيل، يكون من المعقول فرضيه أنه خلال السنين ذات الترسيبات العادية وتدفقات المجرى ان الخزان سوف يكون أكثر من مناسب لتوفير التصرف المطلوب ولكن يظل احتمال حدوث جفاف أشد حدة. يمكن عمل تحليل التردد Frequency Analysis) لتوفير تقديرات فترات العودة واحتمالات جفاف اكثر خطورة .

طاقة الخزان : (Reservoir capacity)

أقصى حجم من المياه يمكن تخزينة فى خزان يعتمد على إرتفاع قناة تصريف الفائض من مياه السد المكون للخزان وعلى طبوغرافية الأرض فوق التيار للسد. بالإضافة إلى هذا الحجم الكلى ، يكون من المهم معرفة العلاقة ما بين الحجم وارتفاع سطح الخزان ، المخطط لارتفاع المياه مقابل الحجم يسمى منحنى طاقة الخزان أو منحنى ارتفاع الخزان (Reservoir Capacity – Curve or Elevation starage curve) احد أشكال منحنى الطاقة موضح فى الشكل (6/17) . باستخدام منحنى مثل هذا فأنه يمكن تعيين حجم الماء فى الخزان عند وقت معين بمجرد قياس الارتفاع لإمداد المياه.



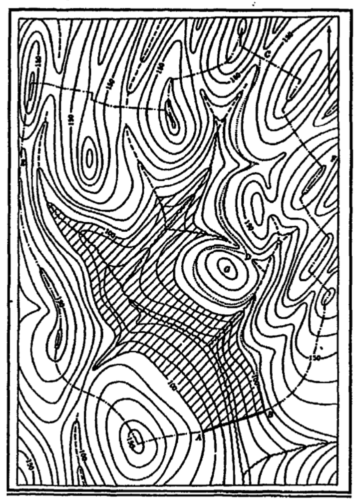
شكل (17-6): منحنى لسعة الخزان

قياس حجم الخزان : (Mesuring Reservoir Volume)

يمكن تقدير حجم الخزان من الخريطة الطبوغرافية . فمثلا فى الشكل (6/18) إذا كان ارتفاع قناة التصريف للفائض من مياه السد (Spillway) عند (AB) ليكون 100 قدم ، فأن الماء فى الخزان سوف يغطى المساحة المحصورة بالكنتور 100 قدم كما هو موضح بالخطوط المهشره. حيث أن الفاصل الكنتورى هو 10 قدم على الخريطة ، فأن اجمالى حجم المياه التى يحتويها الخزان يمكن تقديرها بعده طبقات بسمك 10 قدم مفصولة بأسطح المنسوب عند كل خط كنتور. عندئذ كل طبقة سوف تكون شكل صلب محاطة من أعلا ومن اسفل بواسطة أسطح مستوية متوازية. المساحة عند كل من هذه الاسطح يمكن قياسها بواسطة جهاز القياس (Planimeter) وذلك بتعقب كل من خطوط الكنتور. بضرب متوسط المساحة لكل اثنين من المساحات بالسمك 10 قدم للطبقة يمكن عندئذ تقريب حجم كل طبقة. مجموع الإحجام زائد تقريب الحجم أسفل أدنى كنتور ، يوفر تقدير لاجمالى حجم الخزان .

كل المجارى المائية والانهار تحمل مواد صلبة عالقة فى شكل حبيبات الى حد ما. هذه الحبيبات تحاول أن ترسب بفعل الجاذبية فى الخزان ، مكونه رواسب راكدة. كل الخزانات تصبح ممتلئه بالرواسب ولذلك فأن لها عمر تصميمى محدود أو فترة زمنية والتى خلالها لا يمكن أن تحقق الغرض من انشائها .

الشكل (6/19) يوضح تراكم الرواسب خلف السد. رغم أن ترسيبات الخزان لا يمكن منعها. إلا انه يمكن التحكم فيها أو إبطائها. البوابات أسفل قمة الخزان التى تعمل على تصرف الرواسب قبل إعطائها الفرصة لترسب نحو القاع .



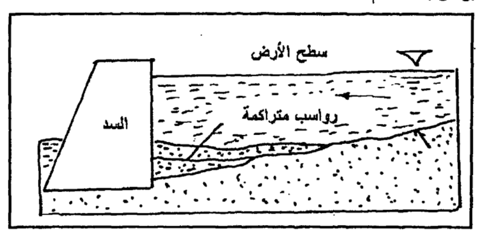
شكل (6-18): السد عند AB يكون خزان بارتفاع 100 قدم الموضح بالخطوط المتقاطعة الجسر الذى يحدد حدود الخزان موضح بالخطوط المهشرة

الاثار البيئية :

بالإضافة الى انخفاض العمر التصميمى للخزان فإن تراكم الترسيبات خلف السد يمكن إن يسبب أثار بيئية غير مرغوب فيها على البيئة الحياتية تحت التيار . المثال الواضح لهذا هو سد أسوان العالى فى مصر ، الذى أقيم على نهر النيل للتحكم فى الفيضانات ولتوفير الطاقة الكهربية . الفقد فى الطمى الرملى (Slit) ومواد الغذاء

للنبات التى كانت ترسب فى الحقول تحت التيار بعد الفيضان أحدثت اضطراب فى الحاصلات الزراعية فى وادى النيل .

الآثار البيئية الأخرى للسدود تشمل التأثيرات الضارة على نوعية المياه ودرجة حرارة المياه وزيادة النيتروجين المذاب بما كان السبب فى التأثير على الثروة السمكية فى كثير من بلاد العالم .



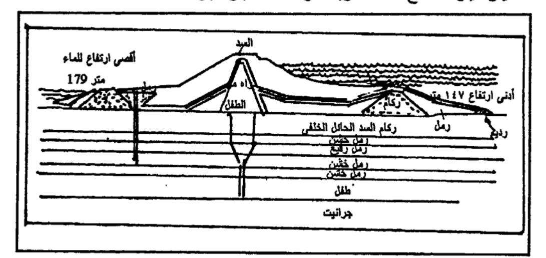
شكل (19-6) الترسيبات فى الخزان تقلل من طاقته فى تخزين المياه مع الوقت يصبح الخزان ممتلئ بالرواسب

السد العالى بأسوان وبحيرة ناصر :

أ السد :

بنى السد العالى على مرحلتين تم فى الاولى تحويل مجرى النهر وبناء سدين بعرض المجرى لكشف قاع النهر الذى كان سيبنى عليه جسم السد . وقد انتهى بناء هذين السدين وتحويل مجرى النهر فى مايو سنة 1964 وفى المرحلة الثانية تم بناء السد نفسه وهو صرح يبلغ عرضه عند قاعدته 980 مترا يتكون من نواه من الطفل تغطيها طبقات من ركام الجرانيت والرمال تدعمها ستارة افقية من الرمال الناعمة المانعة لتسرب المياه وقد ادمج فى جسم النواه سدا لتحويل الامامى والخلفى اللذان كانا قد بنيا بغرض تحويل مجرى النهر الشكل (6/20). ويبلغ ارتفاع السد 111 مترا فوق قاع النهر (الذى يبلغ منسوبه 85 مترا فوق سطح الارض) وعرضه حوالى 40 مترا عند القمة ويرسو السد العالى فوق ستارة رأسية لا تنفذ منها المياه بعمق مائتى متر من اسفل النواه حتى صخر الاساس الجرانيتى. ويبلغ طول السد عند قمته 3600 متر منها

520 متر بين ضفتى النيل ويمتد الباقى على هيئة جناحين على جانبى النهر ويبلغ طول الجناح الايمن 2325 متر على الضفة الشرقية وطول الجناح الايسر 755 مترا على الضفة الغربية . وتقع محطة توليد القوى على الضفة الشرقية للنيل معترضة قناة التحويل التى تزود التربينات بالمياه خلال ستة انفاق متوسط طول الواحد منها حوالى 282 مترا صممت بحيث تسمح بمرور أقصى تصريف للقناة بداخلها ، وهو حوالى 11000 متر مكعب فى الثانية (حوالى مليار متر مكعب فى اليوم) ومحطة توليد الكهرباء التى بنيت عند مخرج الانفاق 12 وحدة توليد مائية قدر كل منها 175.000 كيلوات أى ان القدرة الاجمالية للمحطة هى 2.1 مليار كيلوات تنتج طاقة سنوية قدرها 10 مليار كيلوات تنتج طاقة سنوية قدرها 10 مليار كيلوات سعة .



شكل (20–6) مقطع عرضى فى السد العالى .

الخزان (بحيرة ناصر)

بدأ الخزان فى سنة 1964 عندما ادمج سد التحويل ناحية أعلا النهر فى جسم السد العالى وقد صمم الخزان بحيث يكون أقصى أرتفاع لمياهه هو 98 مترا فوق قاع النهر (أو 183 مترا فوق سطح البحر) وعند هذا المنسوب يمتد الخزان الى مسافة 500 كيلو متر حتى اخر الشلال الثانى مكونا بحيرة هائلة تغطى النوبة المصرية بأكملها وجزء من النوبة السودانية بعرض يبلغ متوسطة حوالى 10 كيلو مترات . ويزيد هذا العرض عند مصبات الوديان والاخوار التى يمتد فيها . ومساحة الخزان عند منسوب امتلائه 6500 كيلو متر مربع وحجمه عند هذا المنسوب 168 مليار متر مكعب منها 31 تقع تحت منسوب 145 متر فوق سطح البحر وهى محجوزة للتخزين الميت أى لتجميع

الطمى الذى يحمله النهر الى البحيرة و 90 مليار متر مكعب للتخزين الحى القابل للاستخدام السنوى بين منسوبى 145، 175 مترا فوق سطح البحر أما ما زاد عن ذلك فهو فضار للوقاية ولاستخدامه فى فترات الفيضان الواطئة . ويعرف الخزان باسم بحيرة ناصر فى الجزء المصرى وباسم بحيرة النوبة فى الجزء السودانى على أن معظم المؤلفين يسمون الخزان بحيرة ناصر عند الكلام عن الخزان كله .

وقد تم تعديل المنسوب الأعلا للخزان بعد بناء السد وإتمام رفع الخرائط الطبوغرافية التفصيلية لمنطقة السد وخفضه الى 178 وذلك بسبب أن منطقة وادى توشكى التى تقع على الضفة الغربية للبحيرة بحوالى مائتى كيلو الى الجنوب من أسوان تقل فى ارتفاعها عن المنسوب الاصلى الذى صمم الخزان عليه بما كان سيسبب قرب المياه منها .

الباب التاسع

خفض الفقد من مياه العيون ومياه الأمطار والسيول وشحن الخزان الجوفى

الفصل السابع

تكنولوجيا استمطار السحب

الفصل السابع

تكنولوجيا استمطار السحب

السحب من الظواهر الجوية الأساسية فى طبقة التربوسفير منها ينزل المطر حيث يشاء الله

يتكون المطر من قطرات مائية يزيد قطرها عادة عن 2/1 مليمتر وتنقسم أنواع المطر الى خفيف ومتوسط وثقيل فالمطر الخفيف ما يجمع منه حتى 2/1 مليمتر فوق كل سم^2 من سطح الأرض والمتوسط ما تجمع منه حوالى 2/1 مليمتر على كل سم^2 والثقيل ما تجمع منه أكثر من 4 مليمتر على سم^2 من سطح الارض فى الساعة. ويعادل مليمتر واحد من المطر الساقط على مساحة قدرها 1 متر مربع مقدار وزن كيلو جرام من الماء . ولابد من توافر الظروف الجوية المناسبة من درجة الحرارة وكمية بخار الماء بحيث لا يزداد التبخر من سطح قطرات الماء نحو 50 قطرة فى المتر المكعب من الهواء عندما يكون المطر زذاذا وقد تحدث اختلالات فى مكونات السحاب وقد يرش السحاب بأبخرة ثانى أكسيد الكربون أو بفتات الثلج الجاف المكون من بللورات ثانى أكسيد الكربون المبرد الى نحو 80 م تحت الصفر المئوى مما يريده من قطرات الماء حيث يتجمع جزئيات البحار حول بللورات التكاثف التى تعمل على اجتذابها فتنمو القطيرات وتصبح قطرات تنزل على هيئة أمطار فى كثير من الاحيان وقد تستخدم أنواع من نويات التكاثف التى تجتذب بخار الماء الجوى مكونه قطيرات مائية ما تلبث أن تنمو فى السحاب فتتساقط على هيئة أمطار ، ومن نويات التكاثف التى ترش على السحب أبخرة على هيئة أمطار ومن نويات التكاثف التى ترش على السحب أبخرة يوديد الفضة التى تستخدم فيما يطلق عليه اسم المطر الصناعى .

ومن الضرورى بمكان معرفة مواصفات السحاب الذى يراد استمطاره ويتم استطلاع ذلك باستخدام رادار الطقس الذى يمكن من دراسة المحتويات المائية وشكل القطرات وأحجامها وتيارات الهواء المتدافعة بين جنبات السحاب ومن ثم توجيه الطائرة التى جهزت لبذر بزور التكاثف (ايوديد فضة ، ثلج جاف من ثانى اكسيد الكربون ، مياه عالية الملوحة) .

وتتخذ اجراءات زراعة السحاب حسب النوع المتاح والذى تم استطلاعه حيث يتطلب الأمر فى بعض الاحيان نثر البذور (Cloud Seeding) فى اعلاً السحاب وفى

بعض الاحيان يتم نثر البذور عند قاعدة السحاب إذا كانت الرأسية نشطة إلى أعلى وأحيانا يتم نثر البذور من قواعد أرضية مع الاستفادة من تيارات الهواء الرأسى فى تخصيب السحاب .

وللمطر الصناعى عدة فوائد منها على وجه التحديد توصيل وتوزيع مفادير من المياه إلى أماكن لا تصلها مياه الأنهار دون ما حاجة الى شق قنوات أو ترع ، كما أنه يمكن استخدام عمليات المطر الصناعى فى التخلص من أحمال المطر . فى مناطق مناسبة قبل إن تسقط فوق تجمعات سكانية أو إنشائية فتحطم المبانى وتتلف الطرق المرصوفة ومن الفوائد أيضا أمكانية التخلص من الشوائب والملوثات الجوية التى يزداد تركيزها والتى تصل الى درجة ضارة بالصحة .

ومن أمثلة الاستفادة من الأمطار الساقطة على المناطق البعيدة عن الأنهار وما أجرته سوريا وكذلك مشروع استمطار السحب فى كل من دولة الأمارات العربية ومشروعات السعودية فوق جبال عسير ومشروعات المغرب ، كما أن هناك العديد من المشروعات فى الدول الغير عربية كالهند وباكستان ،إسرائيل وهذه تجرى مشروعاتها منذ عام 1950 بصفة فصلية شبه مستمرة باستخدام مياه البحر الميت وترش فوق السحب .

ومن بين استخدام استمطار السحب التخلص من الأمطار كما حدث فى روسيا الاتحادية بمناسبة الاحتفال بمرور50 عاماً على الانتصار على النازيه حيث تم التخلص من أنواع السحب فى مناطق بعيدة عن الكريملين حتى لا تفسد الاحتفال بهطول الأمطار. وهناك تجارب سابقة فى روسيا للتخلص من التلوث الجوى بإسقاط الأمطار لعمل غسيل للغلاف الجوى .

وتتجه الجهود فى مصر نحو اجراء مشروع استمطار تجريبى بالتنسيق مع الصين والقوات المسلحة والدول التى لها تجارب رائدة فى هذا المجال ، ويصلح الاستمطار فى مصر فى فصول الخريف والربيع والشتاء فى مناطق مرتفعات البحر الاحمر وسيناء والساحل الشمالى وتكلفة استمطار السحب على المناطق البعيدة أقل بكثير مقارنة بنقل المياه الى هذه المناطق

الباب الثالث

الملوثات فى المياه والمعالجات لتحسين نوعية المياه الجوفية وإضافة موارد مائية جديدة

الفصل الثامن

الملوثات فى المياه

الفصل التاسع

معالجة المياه الجوفية

الفصل العاشر

إعذاب المياه [كمورد مائى اضافى]

الباب الثالث

الملوثات فى المياه والمعالجات لتحسين نوعية المياه الجوفية وإضافة موارد مائية جديدة

الفصل الثامن

الملوثات فى المياه

الفصل الثامن

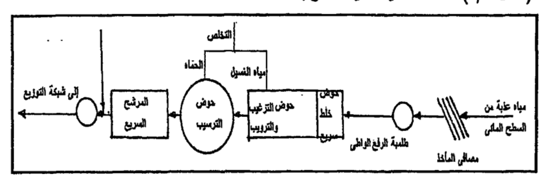
1 – الملوثات فى الماء

الملوثات فى الماء مهما كان مصدرها تكون فى أربع صور رئيسية وهى مواد عالقة عضوية أو غير عضوية ومذابة عضوية أو غير عضوية وغازات مذابة وكائنات حية دقيقة. فالمياه التى تتبخر من المسطحات المائية كالبحار والمحيطات والبحيرات والمجارى المائية تتكثف فى طبقة الغلاف الجوى (التروبوسفير) وتعود ثانية إلى الأسطح المائية واليابسة حيث يتبخر جزء منها ويعود ثانيا الى الجو والجزء الأخر يرسب مكوناً مجارى المياه العذبة فى الأنهار والوديان وجزء منه يتسرب إلى جوف الأرض مكونا الخزانات الجوفية ومياه الأمطار أثناء سقوطها تحدث إذابة لبعض الغازات منها غاز الأكسجين الذى تصل نسبة إذابته وتشبع الماء به إلى حوالى 9.6 جزء فى المليون وهذا الغاز لا يعتبر من الملوثات حيث انه يعطى للماء مذاق الاستساغة والقابلية للشرب كما تذوب غازات أخرى منها غاز ثانى أكسيد الكربون والذى يذوب بنسبة كبيرة وهو يعتبر من الملوثات لأنه غاز حامضى ويحول الماء من حالة التعادل إلى الحموضة وكذلك قد تذوب فى مياه الأمطار . غازات أخرى مثل الغازات النيترجينية والكبريتية التى توجد فى هواء المدن الصناعية وهذه تزيد من حموضة المياه. كذلك فى المناطق الساحلية حيث بخار الماء المحتوى على الأملاح المذابة ومنها كلوريد الصوديوم فإنه يحدث التقاط لهذه الأملاح فى بخار الماء هذا بالإضافة إلى الأملاح الموجودة فى الأتربة والغبار الجوى الذى يضيف إلى المياه أملاح مذابة ومواد صلبة عالقة. وعند وصول المياه إلى سطح الأرض فإنها تكتسب إضافات أخرى من المواد المذابة العضوية والغير عضوية وكذلك المواد العالقة التعضوية والغير عضوية. وفى المسطحات المائية تختفى غالباً الغازات الحامضية اما بتفاعلها مع مواد التربة وتحولها الى مواد مذابة فى الماء أو أن تعود ثانيا إلى الجو بفعل الضغط الجزئى لهذه الغازات حيث نسبتها ضئيلة فى الهواء الجوى ومن ثم فإنها تعود إليه محققة الاتزان فى الضغط الجزئى بين الماء والهواء .

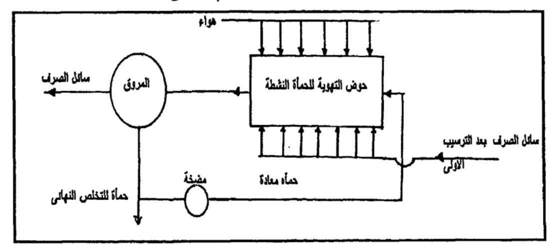
وفي المسطحات المائية تحتفظ المياه بالتركيز العالى من الاكسجين (تركيز التشبع) 9.6 جزء فى المليون) نظرا لوجود الاكسجين فى الهواء الجوى بنسبة عالية (20%) وذلك فى الطبقات العليا من سطح الماء حيث يساعد على نمو وتكاثر النباتات المائية (بفعل التمثيل الكلورفيللى ليلا ، وكذلك نمو وتكاثر الكائنات الحيوانية ومنها الكائنات الحية الدقيقة التى نوجد نتيجة إفرازات الانشطة الإنسانية والحيوانية ومنها ما هو مسبب للأمراض ، وكذلك نمو وتكاثر الأسماك فى الطبقات العليا من المسطح المائى يظل الماء محتفظا بتركيز التشبع للأكسجين المذاب نظرا لتعويض المستهلك بواسطة الكائنات الحية النباتية والحيوانية من أكسجين الهواء الجوى . ولكن من قاع السطح المائى حيث ترسب المخلفات العضوية والنباتية ومع انخفاض او عدم وجود الأكسجين المذاب فأن هذه المواد العضوية تتحلل إلى مركبات ثابتة لا هوائيا وكذلك غازات ملوثة مثل غاز ثانى اكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين وكذلك غاز الميثان وهذه الغاز تسبب الرائحة والمذاق الغير مستساغ للماء وعند المعالجة التقليدية لمياه الشرب بالمرويات والمرشحات لا يتم التخلص منها نهائيا بما يتطلب معالجات خاصة تضيف الى تكاليف المعالجة. ومن هذه المعالجات الخاصة استخدام الكربون المنشط فى المرشحات أو استخدام ابراج التهوية لازالة هذه الغازات (Degisifying Towers) . لذلك فإنه عند سحب المياه من المسطحات العذبة لمعالجتها لاغراض الشرب فإنه يتم تصميم المآخذ الثابتة أو الطافية لسحب المياه على عمق حوالى من 1 الى 1.5 متر من سطح الماء . لذلك فإن خطة إعداد المياه للشرب من المصادر السطحية العذبة تبنى أساسا على التخلص من المواد الصلبة العالقة وهى عكارة الماء وكذلك القضاء على الكائنات الحية الدقيقة ويتم ذلك بعمليات الترسيب واستخدام المروبات ثم الترسيب والترشيح والتطهير لقتل الكائنات المكروبية بالكلور أو الأوزون أو المطهرات الأخرى.

ولا تحتاج مياه المصادر العذبة لازالة الملوحة حيث ان نسبة الأملاح المذابة عادة تتراوح ما بين 200 الى 500 عدا فى حالة الصرف لمياه الصرف المعالج الصحى او الصناعى فقد تزيد عندئذ نسبة الاملاح المذابة إلى حوالى 700 جزء فى المليون ومع ذلك تظل هذه النسبة أى حدود المعايير المقررة لاستخدام المياه فى الشرب وتمثل

الكائنات الحية الدقيقة التهديد الرئيسى لصحة الإنسان حيث تحتوى على أنواع كثيرة منها البكتيريا المرضة والفيروسات والبرونوزوا والطحالب والفطريات وهذه تسبب كثيرا من الإمراض الوبائية وكذلك فى حالة تعرض المصدر المائى العذب إلى الصرف الغير معالج لمياه الصرف الصناعى من الصناعات المعدنية أساسا أو من مياه الصرف الصحى المعالج المحتوى على مياه صرف صناعى فإنه قد يحتوى على معادن ثقيلة والتى تسبب الأمراض المزمنة ويزال نسبة من بعض أنواعها بالمروبات . (شكل 8/1) مخطط تنقية المياه للشرب .



شكل (8-1) مخطط لمحطة معالجة وتنقية المياه العذبة لأغراض التربة والاستخدام المنزلى



شكل (8-2) مخطط للمعالجة لمياه الصرف الصحى بالحماة المنشطة بالتهوية المرحلية

بالنسبة لمصادر المياه من الخزانات الجوفية وإن كانت عموما خالية من المواد الصلبة العالقة العضوية والغير عضوية ذلك بسبب حجز هذه المواد فى مسام التربة أثناء تسرب المياه الى الخزان الجوفى وذلك عند ضخ المياه من الآبار الجوفية ، وكذلك فإن المياه تكون عادة خالية من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض وذلك عند فتح المياه من أعماق تزيد عن 60 متر من سطح الأرض حيث تتخلل هذه الكائنات لا هوائيا إلى مركبات ثابتة وغازات .

المياه الجوفية فى حالة قربها من سواحل البحار تكون ذات ملوحة مثل ملوحة مياه البحر من 25 إلى 40 ألف جزء فى المليون وهذه يتم معالجتها بالتقطير الحرارى للحصول على مياه صالحة للاستخدام المنزلى / أو للصناعة أو الرى وقد تكون نسبة الملوحة أقل من ذلك من 2000 الى 15 ألف جزء فى المليون وهذه المياه تسمى المياه الخمضاء أو الزاعقة (Brakish water) وهذه يتم معالجتها بطريقة الدبلزة الكهربية او القزز الكبرى (Electro dialysis). المياه الجوفية العذبة قد تحتوى على ملوثات أخرى منها الأحماض الناتجة عن تحلل بعض المخلفات النباتية مثل حامض الفولنيك والهيوميك وهذه تسمى المركبات العضوية المتطايرة (Valatile Drganic Chamical voc.s) وهذه الأحماض العضوية سريعة التفاعل مع الكلور فى شبكة التوزيع مكونة مادة التراى هالوميثان الممرضة ويتم التخلص منها إما بالتهوية فى ابراج التهوية أو بالامتصاص على حبيبات الفحم المنشط أو بخلطها بمياه المسطحات العذبة ومعالجتها بالمروبات والتى تتمكن من إزالتها وهى لا تتحلل الى مواد بسيطة. وطبقا لنوع التربة الحاملة للمياه الجوفية تتأثر نوعية المياه الجوفية فى حالة إذابة مواد التربة بفعل ثانى أكسيد الكربون المذاب فى الماء الناتج عن التحلل اللاهوائى للمواد العضوية المذابة والكائنات البكتيرية مكونا حامض الكربونيك مع الماء ، وهذا الحامض يتفاعل مع مواد التربة الغير مذابة مكونا مواد مذابة. ففى حالة التربة من الحجر الجيرى تذوب أملاح الكالسيوم والماغنيسيوم مسببة عسر الماء وهذا العسر يلزم إزالته فى حالة الاستخدامات للمياه فى بعض الاستخدامات الصناعية ولتغذية غلايات إنتاج البخار لتوليد الطاقة الكهربية ، حيث تستخدم لذلك المعالجات الكيماوية والتبادل الايونى أما فى حالة استخدام هذه المياه لاغراض الشرب فإنه يتم خفض العسر الى الحدود

المقررة وهى من 85-120 جزء فى المليون مقيما ككربونات كالسيوم. وفى هذه الحالة تستخدم المعالجة الكيماوية لخفض العسر الزائد في مياه الشرب .

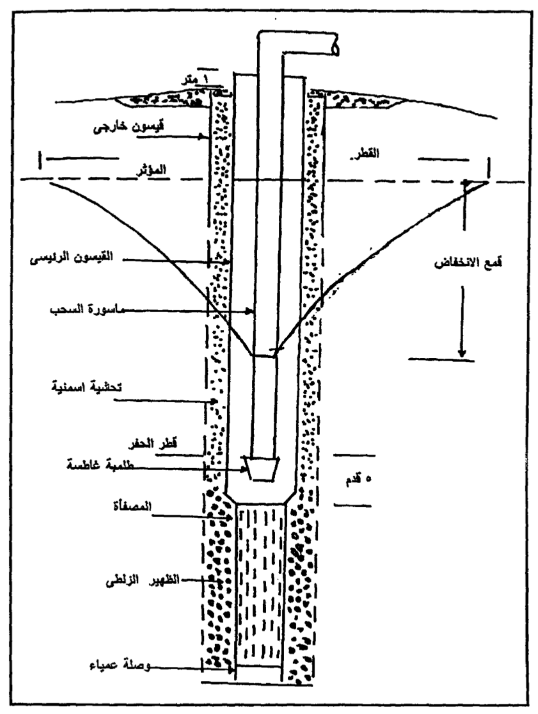
يظهر تأثيره فى إعداد المشروبات وطهى الطعام وكذلك قد يكون له اثار ضارة على الأوعية الدموية وإمراض القلب .

قد يحدث التلوث للمياه ألجوفيه بأملاح الحديد والمنجنيز وذلك فى حالة تربة الخزانات الجوفية من الطفل المحتوى على هذه الأملاح. وهذه الأملاح تكون فى الشكل الغير مذاب (لأملاح الحديد ثلاثى التكافؤ والمنجنيز رباعى التكافؤ) وعند تعرض هذه المركبات لظروف الاختزال وخاصة نتيجة تحلل المواد العضوية التى تستهلك الأكسجين وتنتج ثاني أكسيد الكربون. عندئذ فأن مركبات الحديد والمنجنيز عالية التكافؤ تتحول إلى ثنائية التكافؤ المذابة في الماء والتى لا لون لها ، ولكن عند ضخ المياه الجوفية وتعرضها لأكسجين الهواء الجوى فإن هذه الأملاح المذابة تتأكسد وتتحول إلى أملاح مذابة وتظل عالقة فى الماء حيث تكسب الماء اللون البنى الطوبى وكذلك المذاق المعدنى الغير مستساغ للشرب ، هذا بالإضافة الى سوء نوعية هذه المياه في الاستخدامات المنزلية ذلك لأنها تترك لطع وبقع حمراء على الأجسام الملاصقة عند غسيلها بهذه النوعية من المياه كما انها لا تصلح للاستخدام فى الرى بطرق الرى الحديث كالرى بالرش والتنقيط ذلك لأنها تسبب الانسداد لفتحات خروج المياه والأنابيب . أملاح الحديد والمنجنيز تسبب العسر للمياه مثل أملاح الكالسيوم والمغنسيوم .

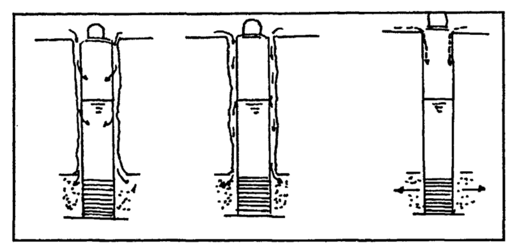
قد توجد أملاح الحديد فى المياه الجوفية بتركيزات تصل حتى 25 جزء فى المليون أو أكثر والمنجنيز عادة تكون نسبته اقل من نسبة الحديد وتكون فى حدود واحد جزء فى المليون ، اما مركبات الحديد مع المواد العضوية فهى عادة تكون فى شكل هلامى غروى (Colloidol) والتى تحتجز بواسطة حبيبات التربة أما فى حالة وجود هذه المواد الغروية فى المياه السطحية (وهذا نادرا ما يحدث بالنسبة لمياه النيل) فإنه يلزم معالجة المياه بمحلول لبن الجير القلوى $Ca(OH)_2$ لتكسير المركب الهلامى من المواد العضوية والحديد حتى يمكن أكسدته بالهواء الجوى أو بالمواد الكيماوية .

ولإزالة الحديد والمنجنيز من مياه الابار فإنه يلزم عمل عدة مراحل تتلخص أساسا فى تهوية المياه فى ابراج التهوية لأكسدة نسبة من الحديد ثم معالجة المياه بالكلور لأكسدة كل الحديد ثم الترسيب يلى ذلك أكسدة المنجنيز باليرمنجفات أو الأكسدة بالكلور عند رقم هيدروجينى 9 ثم الترويب للمواد المؤكسدة العالقة باستخدام الشبه (كبريتات الالومنيوم) ثم الترسيب والترشيح .

وفى بعض الحالات يحدث تلوث للمياه الجوفية التى يتم ضخها من البئر بالملوثات العضوية والبكتيرية وذلك فى حالة تأكل وتلف قيسون البئر حيث تتسرب المياه من طبقة التشبع العليا فوق منسوب خط المياه الاستاتيكى أو من سطح التربة وهذه المياه عادة تكون محملة بالملوثات. السبب فى حدوث هذا التآكل هو عدم عمل طبقة تخشية (Grouting) من المونة الإسمنتية بين السطح الخارجى للقيسون والقطر الداخلى للحفر، الإسمنتية بين السطح الخارجى للقيسون والقطر الداخلى للحفر طبقة المونة تحقق عدم النفاذية لتسرب المياه بالإضافة إلى إنها تعمل على حماية السطح الخارجى للقيسون حيث تحقق له الحماية الآنودية بتكوين طبقة حماية من أكسيد المعدن (الحديد) وطبقة الحماية الافودية هذه تتكون عند رقم هيدروجينى 12.5 والذى هو للمونة الإسمنتية الشكل (8/2/أ/ب) يوضح حالات التلوث نتيجة تأكل القيسون ، ومكونات البئر .



شكل (3-8أ) مخطط لمكونات بئر الضخ. سرعة المياه داخل المصفاة لا تزيد عن 3سم/ث، سرعة المياه فى ماسورة السحب لاتزيد عن 1.5 متر/ق



شكل (3-8-ب) حالات التلوث لمياه الآبار

<u>مياه الصرف الصحى</u> : مياه الصرف الصحى تحتوى على تركيزات من الاملاح المذابة تصل إلى حوالى 1000 جزء فى المليون ولكن هذا لا يؤخذ فى الاعتبار عند معالجة هذه النوعية من المياه حيث تعتبر الملوثات من الصرف الصحى هى المواد العالقة (العضوية –والغير عضوية الغير مذابة العالقة والطافية) وكذلك المواد الغروية (Colloidal) العضوية المذابة والكائنات الحية الدقيقة ، وتجرى المعالجة للتخلص من المواد العالقة والطافية باستخدام المصافى وأحواض الترسيب والطفو أما المواد العضوية المذابة الغروية فإنه يتم التخلص منها بالمعالجة البيولوجية حيث تستخدم أحواض التهوية للمعالجة الهوائية حيث تتغذى الكائنات الحية الدقيقة على هذه المواد العضوية المذابة وتنمو وتتكاثر مكونة الحمأة التى يتم التخلص منها بالترسيب. وفى عمليات المعالجة بالحماة المنشطة تستخدم التهوية الميكانيكية أو بضغط الهواء، فى المعالجة البيولوجية بالمرشحات الزلطية يتم التصاق مياه التسرب من ازرع الرشاشات بالهواء الجوى حيث تنشط البكتيريا الهوائية وتتغذى على المواد العضوية المذابة وتنمو وتتكاثر على السطح الخارجى لحبيبات المرشح الزلطى ثم نسقط فى قاع المرشح ويتم التخلص منها فى شكل الحماة المرسبة بالترسيب .

وتوجد طرق أخرى للمعالجة البيولوجية الهوائية حيث يلزم توفر الاكسجين لنمو وتكاثر البكتيريا منها الاحواض المهواه وبرك الاكسدة وكذلك طرق المعالجة اللاهوائية حيث تنشط البكتيريا اللاهوائية وتتغذى على المواد العضوية وتنمو وتتكاثر

بدون وجود أكسجين الهواء الجوى كما توجد المعالجة المشتركة (Facultative) حيث ينشط هذا النوع من البكتيريا فى وجود الهواء الجوى وفى عدم وجود الهواء الجوى. ويقدر الحمل العضوى من المواد الهلامية القابلة للتحلل البيولوجي بالأكسجين الحيوى المطلوب (Biological Oxygen Demand – BOD) وذلك بالنسبة للمواد العضوية القابلة للتحلل الهوائى البيولوجى اما المواد العضوية الغير قابلة للتحلل البيولوجى والتى تسمى المواد المنيعة (Refractory) فإن الحمل العضوى منها يقدر بالأكسجين الكيماوى المطلوب (Chimecal Oxygen – Demand) .

ومن الملوثات التى توجد فى مياه الصرف الصحى المعالج مركبات النيتروجين والفوسفور . مركبات النيتروجين يتم التخلص منها بالمعالجة الهوائية ثم اللاهوائية حيث تتحول الى غاز النيتروجين ويختلط الهواء الجوى اما مركبات الفوسفور فإنه يلزم المعالجة الكيماوية باستخدام كبريتات الالمونيوم كروب . شكل (8/3) مخطط معالجة الصرف الصحى بالحماة المنشطة .

مياه الصرف الصحى المعالج فى حالة التخلص بالصرف على المسطحات المائية فأن ما تحتويه من مركبات النيتروجين والفوسفور يسبب السمية للكائنات الحيوانية (الأسماك) هذا بالإضافة إلى أنها تعتبر غذاء للكائنات النباتية التى تنمو وتتكاثر مسببه مشكلتين أولهما هى الفقد فى الماء نظرا لما تمتصه هذه النباتات من كميات كبيرة من الماء والثانية هى إعاقة التدفقات فى المجرى المائى بما يحد من قدرته على المعالجة الذاتية وكذلك حجب وصول اكسجين الهواء الجوى الى الماء. ولذلك فإن أفضل طريقة للتخلص من مياه الصرف الصحى المعالج هو استخدامها فى الرى والزراعة للزراعات التى لا تؤكل طازجة. أما بالنسبة الى للمجارى المائية فيكفيها ما يصل إليها من مركبات النيتروجين والفوسفور الأسمدة الكيماوية المستخدمة فى الزراعة والتى تصل الى المصارف والمسطحات المائية العذبة الأخرى فى حالة انخفاض منسوب المياه فيها .

<u>مياه الصرف الصناعى</u> : الملوثات فى مياه الصرف الصناعى تختلف طبقا لنوع الصناعة وطبقاً للخامات المستخدمة وتكنولوجيا الإنتاج للمنتج الواحد. وكذلك تختلف من ناحية الكم وتركيز الملوثات فيما بين أوقات العمل وأوقات التوقف والراحات

والأجازات وما بين الليل والنهار ، وكذلك بالنسبة للإنتاج المستمر أو إنتاج الدفعات (Batch) .

مياه الصرف الصناعى تشمل جميع أنواع الصناعات المعدنية والبترولية والكيماوية والدوائية والغذائية ودباغة الجلود والنسيجية .. الخ

لذلك فأن معالجة مياه الصرف الصناعى تتوقف على نوع الصناعة وتقنيات الإنتاج. تبنى خطة التخلص من الملوثات من مياه الصرف الصناعى على متغيرات كثيرة طبقا لظروف كل منشأة صناعية واقتصاديات التخلص من الملوثات ، حيث قد تشمل تحديث وتطوير نظم الإنتاج واستخدام خامات بديلة بما يحقق الحد من الملوثات او تبسيط تقنيات معالجتها. ولخفض التلوث فإنه يتم البدء بالتنظيم الجيد الداخلى لوحدة الانتاج (Good House Keeping) والذى يتضمن الحفاظ على النظافة للحد من التلوث وكذلك الفصل وعدم الخلط لكل نوع من انواع التلوث فى كل قسم من اقسام الانتاج (Segregation of the waste) – يمكن معالجة الملوثات كل على حدة حيث يكون من السهل معالجة جم صغير من مياه الصرف بدلا من ازالة نوعيات مختلفة من الملوثات من حجم كبير .

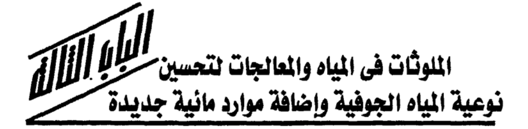
الملوثات من مياه الصرف الصناعى قد تشمل ملوثات تقليدية مثل المواد الصلبة الطافية والعالقة وكذلك ملوثات خاصة مثل الحموضة أوالقلوية ، المعادن الثقيلة المذابة، والمواد السامة المذابة مثل مركبات السيانيد ، المواد العضوية المذابة والغازات المذابة .

مياه الصرف الصناعى بما تحمله من الملوثات يلزم المعالجة المسبقة لها اما للصرف على شبكة مواسير الصرف الصحى او للصرف على المسطحات المائية حيث يجب أن تحقق هذه المعالجة المسبقة معايير الصرف المقررة. وفى حالة إعادة الاستخدام للمياه فإنه يلزم الإزالة الكاملة للملوثات بما يحقق إعادة استخدام للمياه بطريقة أمنه .

<u>الملوثات فى خطوط مواسير النقل وتوزيع مياه الشرب المعالجة</u> : إن التلف فى خطوط مواسير نقل وتوزيع المياه قد يحدث تلوث للمياه بداخلها وكذلك التسرب والفقد

للمياه المعالجة ويرجع هذا لتلف إلى تآكل المواسير أو لتفكك الوصلات او لأسباب أخرى ، وهذا التلف فى المواسير وما يسبب من تسرب للمياه له أثار سلبية اقتصادية وبيئية ففى حالة خفض الضغط فى الشبكة أثناء استخدام مضخات الرفع المنزلية لتغذية الأدوار العليا بالمياه أو أثناء التوقف عن الضخ فى الشبكة لأعمال الإصلاح فإن المياه الجوفية أو مياه طبقة التشبع التى تحيط بخط المواسير بما تحمله من ملوثات يمكن او تدخل إلى مواسير المياه من خلال ثقوب التآكل أو مواقع التفكك فى الوصلات وبذا يحدث تلوث للمياه فى الشبكة .

ويرجع التلف بالإضافة الى التآكل اما لحدوث المطرقة المائية أو بسبب الاضطراب الهيدروليكى الناتج من ضعف فى التصميم أو فى عمليات الفتح والقفل المفاجئ فى المحابس . هذا بالإضافة الى إن تآكل السطح الداخلى للمواسير المعدنية أو لطبقة الحماية الداخلية سواء كانت من المواد العضوية أو من المواد الغير عضوية يضيف كذلك إلى أسباب التلوث فى خطوط مواسير نقل وتوزيع المياه المعالجة . وهذا يتطلب رصد وقياس نوعية المياه فى الشبكة وكذلك المحافظة على جرعة المطهر من الكلور لتكون لا تقل عن 0.2 جزء فى المليون عند أخر مستخدم فى نهاية الشبكة. هذا بالإضافة إلى أهمية غسيل وتطهير الشبكة بالكلور بعد عمليات التوقف للإصلاح أو الصيانة وكذلك المحافظة على ثبات ضغط المياه فى الشبكة وذلك من خلال الخزانات العالية أو أجهزة الضغط الهوائى للضغط فى جميع أجزاء الشبكة .



الفصل التاسع

معالجات المياه الجوفية

الفصل التاسع
معالجة المياة الجوفية

اولا: إزالة [خفض] عسر المياه بالطرق الكيماوية للشرب وللاستخدام المنزلى

1 – مقدمة :

عسر المياه هو الخاصية التى تمنع تكون الرغوة عند استخدام الصابون ، حيث يزداد استخدام الصابون عند استخدام المياه العسر ، وكذلك توجد علاقة بين عسر المياه وأمراض القلب . قيمة عسر المياه لاغراض الشرب والاستخدام المنزلى هى 85 جزء فى المليون (مقيما ككربونات الكالسيوم) .

عسر المياه يكون غالبا يسبب وجود مركبات الكالسيوم والمغنسيوم المذاب فى المياه وبعض العسر يرجع الى وجود الاسترنشيوم والحديد والمنجنيز. هذه المركبات تكون موجوده فى شكل البيكربونات والكبريتات وفى بعض المياه تكون فى شكل الكلوريدات والنترات .

يسمى العسر بعسر الكربونات فى حالة وجود أملاح العسر فى شكل البيكربونات أما عسر الغير كربونات فتكون املاح العسر فى شكل الكلوريدات أو النترات أو الكبريتات. ويسمى عسر الكربونات بالعسر المؤقت وعسر الغير كربونات بالعسر المستديم .

2 – ازالة عسر المياه لاغراض الشرب :

يستخدم الترسيب الكيماوى فى معالجة المياه لازالة العسر ولازالة الحديد والمنجنيز. وهو مؤثر كذلك فى ازالة المعادن الثقيلة والعناصر المشعة فى حالة وجودها وكذلك ازالة المواد العضوية المذابة وخفض المحتوى من الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتيريا والفيروسات

أ – خفض العسر فى المياه لاستخدامها فى الشرب :

عند إضافة لبن الجير (ايدروكسيد الكالسيوم ويسمى كذلك الجير المطفى ويرمز له بالرمز $(CaCOH)_2$ الى الماء المحتوى على عسر مؤقت تحدث التفاعلات الاتية :

$$Mg(HCO)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + MgcoH)_2 \downarrow Ca(HCO_3)_2 \downarrow$$
$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCo_3 \downarrow + 2H_2O$$

تستخدم هذه الطريقة فقط فى أزالة أو تقليل عسر المياه المؤقت وخاصة ليكون من 85-120 جزء فى المليون (مقيم ككربونات كالسيوم) فى حالة وجود العسر المؤقت والعسر المستديم فى الماء فإن ازالة العسر تتم بطريقة ازالة العسر المستديم كما فى حالة إزالة العسر المستديم كما فى حالة ازالة عسر المياه لانتاج مياه الغلايات .

ب – ازالة العسر بطريقة الجير – الصودا على البارد Cold lime – Softening

ازالة العسر بطريقة الجير – الصودا هى عملية تتم بالترسيب الكيماوى لعسر الكالسيوم والمغنسيوم بأستخدام لبن الجير والصودا آش (Na_2CO_3). تختلف عملية ازالة العسر طبقا لحالة المياه الخام ومتطلبات الاستخدام للمياه .

فى بعض الحالات يكون المطلوب هو المعالجة الجزئية فقط ففى حالة مياه الشرب يتم ازالة العسر حتى 85 جزء فى المليون من العسر الكلى (مقيم ك $(CaCO_3)$.

جـ – كيماويات ازالة العسر :

يمكن ازالة العسر الكلى للمياه فى (العسر المؤقت والعسر المستديم) بأستخدام الكيماويات الاتية

1. مادة الترويب مثل مروب كبريتات الالومنيوم وكبرتيات الحديدوز او الحديديك.
2. لبن الجير على ان يكون نقاءه لا يقل عن 93% لاكسيد الكالسيوم Cao .
3. الصودا آش (Na_2Co_3) بنقاء لا يقل عن 99.2% .
4. كلوريد الكالسيوم $(CaC\,L_2)$ فى حالة زيادة القلوية عن العسر .

د – كيمياء ازالة العسر:

كلا من الكيماويات المستخدمة فى ازالة العسر له مهمه معينة عند اضافته الى الماء مع الخلط الجيد ثم اعطاء الوقت الكافى اللازم للتفاعل. ولتنفيذ ذلك يجب الحساب الدقيق للجرعات المطلوبة من واقع التحاليل المعملية للمياه . يتم اولاً حساب القلوية الناتجة عن

وجود الكالسيوم والمغنسيوم كاملاح مذابة في الماء وتسمى قلوية الكالسيوم والمغنسيوم وفى حالة وجود قلوية زائدة عن عسر الكالسيوم والمغنسيوم فإنها تسمى قلوية الصوديوم (لوجود أملاح الصوديوم المذابة فى الماء) . وفى حالة نقص القلوية عن عسر الكالسيوم والمغنسيوم ، وعندئذ فإن كمية العسر الزائد عن القلوية تسمى عسر الغير كربونات أى العسر المرتبط بأيونات الكلوريدات والكبريتات والنترات لاملاح الكالسيوم والمغنسيوم .

(1) لبن الجير $Ca(OH)_2$:

يتفاعل لبن الجير (أو الجير الطفى) للترسيب الكيماوى لعسر الكربونات الموجودة فى الماء لانتاج المركبات الغير مذابة من كربونات الكالسيوم وايدروكسيد المغنسيوم . تختلف الجرعة المطلوبة طبقا لقلوية المياه .

كذلك يتفاعل $Ca(OH)_2$ مع (CO_2) الموجوده والمذابة فى الماء .

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow$$
$$Ca(OH)_2 + Ca(HCO_3) \rightarrow 2CaCO_3 \downarrow + H_2O$$
$$Ca(OH)_2 + Mg(HCO3)_2 \rightarrow Mg(OH)_2 \downarrow + 2CaCO_3 \downarrow + H_2O$$

الكميات المطلوبه يمكن حسابها من معادلات التفاعل .

يلاحظ انه مطلوب ضعف الجير المطفى لترسيب المنغنسيوم مقارنه بالمطلوب لترتيب الكالسيوم . كذلك فان الجير المطفى يتفاعل اولا مع CO_2 المذاب فى الماء ثم مع البيكربونات . وبالنسبة للبيكربونات فانه يتفاعل اولا مع ايون الكالسيوم ثم مع ايون المغنسيوم . كما يلاحظ خفض فى الاملاح الكليه المذابه

(2) الصود آش :

تتفاعل الصود اس (كربونات الصوديوم) مع عسر الغير كربونات منتجه راسب غير مذاب .

$$Ca(OH)_2 + MgSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow Mg(OH)_2 \downarrow + CaCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$$
$$Ca(OH)_2 + MgCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow Mg(OH)_2 \downarrow CaCO_3 \downarrow + 2NaCl$$
$$2NaCO_3 + CaSO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + CaCO_3 \downarrow$$
$$2NaCO_3 + Ca(NO_3)_2 \rightarrow 2NaNO_3 + CaCO_3 \downarrow$$
$$2NaCO_3 + CaCl_2 \rightarrow 2NaCl_2 + CaCO_3 \downarrow$$

يلزم مكافئ من الصودا أس + مكافئ من الجير المطفى للمكافئ من عسر الغير كربونات . يلاحظ انه فى التفاعلات السابقة لا يحدث خفض فى الأملاح المذابة نظراً لإنتاج صوديوم مذابة .

(3) كلوريد الكالسيوم :

احيانا يكون هذا المركب مطلوبا لخفض القلويه لحد معين ، وذلك لان كلا من كربونات الماغنسيوم والصودا آش يذوبا فى الماء وبالتالى لا يرسبا من الماء عند المعالجة بطريقه الجير – الصودا . فهما يتفاعلا مع كلوريد الكالسيوم كالآتى :

$$MgCO_3 + CaCl_2 \rightarrow MgCl_2 + CaCO_3 \downarrow$$
$$NaCO_3 + CaCl_2 \rightarrow 2NaCl + CaCO_3 \downarrow$$

يلاحظ انه عند خفض قلوبه كربونات الماغنسيوم لا يحدث اى انخفاض فى العسر، حيث يلزم مكافئ اضافى من الجير – الصودا آش .

(انظر التفاعلات السابقة) .

(4)– المروب :

عند ترسيب أملاح العسر فانها تكون فى شكل جسيمات عالقة صغيرة لا ترسيب بالترسيب الحر ، لذلك يكون من الضرورى استخدام جرعات صغيره من المروبات للحصول على زغبات ذات حجم وكثافة مناسبة للترسيب الحر فى أحواض الترسيب. الجرعات الاتيه من المروبات مناسبة

الشبه (كبريتات الالومنيوم) : 20 جزء فى المليون

كبريتات الحديدوز : 10 جزء فى المليون

كبريتات الحديديك : : 10 جزء فى المليون

ثانيا إزالة الحديد والمنجنيز

الحديد والمنجنيز فى مصادر المياه :

1- المقدمة:

يوجد الحديد والمنجنيز فى كثير من مصادر المياه الجوفيه ، ويوجد المنجنيز عادة مع الحديد ولكن بسبب اقل . عند توفر ثانى أكسيد الكربون نتيجة التحلل اللاهوائى للمواد العضوية فى التربة فى عدم قله وجود الأكسجين. عندئذ فان أملاح الحديد الموجودة فى التربة والغير مذابة تتحول إلى الأملاح المذابة نتيجة تفاعلاتها مع ثانى أكسيد الكربون مكونه بيكربونات وأيدروكسيدات الحديدوز والمنجنيز فى شكل ثنائى التكافؤ كما يوجد الحديد والمنجنيز مرتبط بالمركبات العضويه الناتج من تحلل الكائنات الحية النباتية والحيوانية والتى تسمى بالحامض الأصفر (yallow Acid) والذى متحد مع مركبات الحديدوز مكونا مركبات عضويه معقده ملونة .

يوجد الحديد فى المياه الجوفية بنسب حتى 25 جزء فى المليون و قديزيد عن ذلك أو يقل ، كما ان المنجنيز يوجد عادة بنسب اقل من واحد جزء فى المليون . الملاحظة العامة ان المياه ذات القلويه العالية بها نسب اقل من الحديد والمنجنيز عن المياه ذات القلويه المنخفضة ، كذلك فان تركيز الحديد فى المياه الجوفية حيث التربة الحاملة للخزان الجوفى تكون زلطيه يكون اقل منه فى التربة الحاملة الصخرية . مركبات الحديد المتحدة مع مواد عضويه أو الغير مذابة تزال اثناء مرور المياه خلال مصفاة البئر وترشيحها وكذلك بفعل الترشيح للتربة الحاملة وذلك أثناء ضخ المياه من البئر الجوفى .

2- الحديد والمنجنيز فى مصادر المياه السطحيه :

يوجد الحديد فى مصادر المياه السطحيه المحتويه على الاكسجين المذاب فى الماء فى شكل الحديد الثلاثى التكافؤ (الحديديك – FerricIron) كما قد يوجد فى مستحلب الطفلة والطمى. الأجسام العالقة الصغيرة فى شكل مركب عضوى معقد ملون أو فى شكل أجسام محاطة مواد تغليف (Chelated) بما يمنع من ظهور اللون ، كما قد يوجد فى شكل مواد ومركبات غير عضويه آو مركبات مع مواد عضويه عالقة .

فى المياه المرشحة المحتوية على الأكسجين المذاب نادرا ما تزيد نسبة الحديد من واحد جزء فى المليون . أما المنجنيز فانه يوجد فى المياه السطحية فى شكل مركبات

عضويه عالقة محتويه على المنجنيز رباعى التكافؤ وكذلك فى شكل مركبات ثلاثية التكافؤ المعقدة القابلة للذوبان فى الماء نسبيا وفى المركبات المعقدة والغير عضوية. وفى الحالة المذابة كأيون المنجنيز ثنائى التكافؤ نادرا ما تزيد نسبة المنجنيز فى المياه السطحية عن واحد جزء فى المليون وغالبا ما يوجد المنجنيز بنسبة 0.1 إلى 1 جزء فى المليون وتصل نسبة المنجنيز من ثلث إلى نصف نسبة الحديد .

3 – المشاكل التى يسببها وجود الحديد والمنجنيز فى الماء :

يحدث عند غسيل الملابس أو الاوانى او أى أجسام تلامسها المياه المحتوية على الحديد والمنجنيز وجود بقع ملاصقة غير مذابة ذات لون الصدأ البنى والأصفر والرمادى والأصفر . المنجنيز لاذع فى حالة زيادة نسبته فى مياه الشرب والحديد والمنجنيز يحول مشروب الشاى الى اللون الأسود ويغمق لون الخضروات المغلية كما أنه غير صالح لإعداد أطعمة بعض البقول من العدس ويعطى الحديد مذاق معدنى ويمكن اكتشافه عند تركيز 1–2 ملجرام / لتر. يمثل الحديد والمنجنيز مشاكل فى العمليات الصناعية التى تستخدم فيها المياه .

يساعد وجود الحديد والمنجنيز فى الماء على نمو وتكاثر البكتيريا والذى يسبب تراكمات تحدث انسداد فى المواسير بما يزيد من استهلاك الطاقة ، وكذلك تعمل البكتيريا المؤكسدة للحديد على ترسيب الحديد فى شبكة التوزيع بما يسبب اللون الاحمر للمياه وبما يزيد من تراكم الترسيبات . بالإضافة الى ذلك فإنه عند تحلل البكتيريا فإنها تسبب مذاق ورائحة غير مقبولة للمياه بما يجعله غير مناسب للشرب .

عند تنقية المياه بطريقة التبادل الايونى أو بأستخدام الاغشية فإنه يلزم التخلص من الحديد والمنجنيز لتجنب الترسيبات والانسداد مما يتطلب التنظيف بصفة مستمرة للمحافظة على كفاءة الأغشية .

وقد وجد من الخبرة أن الحديد غير مقبول بنسبة اكبر من 0.2 جزء فى المليون والمنجنيز بنسبة 0.1 جزء فى المليون. وللاغراض الصناعية فإن الحديد قد يصل الى 0.1 جزء فى المليون والمنجنيز 0.05 فى المليون وقد اجازت وزارة الصحة نسب الحديد حتى 0.5 جزء فى المليون والمنجنيز حتى 0.3 جزء فى المليون فى حالات استخدام المياه للشرب وللاستخدام المنزلى .

4 – إزالة الأشكال المختلفة للحديد والمنجنيز :

رغم إن الحديد والمنجنيز سواء المذاب أو الغير مذاب يوجد فى اشكال متعددة فى مصادر المياه السطحية المحتوية على الاكسجين المذاب فإن وجودهم فى المياه محدود الى درجة كبيرة وبما لا يزيد عن 1 جزء فى المليون حيث يتم ازالتهم فى عملية المعالجة التقليدية لمياه الشرب بالمرشحات . ولكن لا يعتمد على هذه الطريقة فى ازالة المنجنيز المذاب .

المعالجة الاولية بواحد او اكثر من العوامل المؤكسدة ، يؤكسد المنجنيز المذاب الى ثانى اكسيد المنجنيز الغير قابل للزوبان فى الماء .

$$2\,MnO_2 + O_2 \rightarrow 2\,MnO_2 \downarrow$$

يوجد غطاء من ثانى اكسيد المنجنيز الغير مذاب على حبيبات رمل المرشح لا يساعد فقط فى خفض المنجنيز الى المستوى المطلوب (0.3 جزء فى المليون) ولكن يساعد فى الحصول على مياه مرشحة تحتوى على حوالى 0.01 جزء فى المليون منجنيز وهى الحالة المثالية لنوعية المياه .

عند استخدام عملية الجير – الصودا لازالة العسر فإنه يتم ازالة الحديد والمنجنيز المذاب والغير مذاب مع باقى املاح العسر وتعتبر هذه الطريقة مؤثرة فى ازالة المنجنيز نظرا لارتفاع الرقم الهيدروجينى .

أشكال للحديد والمنجنيز فى المياه الجوفية التى يلزم ازالتها وهى :

- ايونات الحديدوز عادة مع مركبات عضوية ملونة وكذلك المنجنيز ثنائى التكافؤ مع مركبات عضوية ملونة وكذلك اللون حيث جزء منه متحد مع الحديد وكذلك يحتمل مع المنجنيز .
- اللون العضوى فى المياه الجوفية مرتبط عادة بالمياه العسر فى الابار الضحلة .
- عندما تحتوى المياه الجوفية على 5-10 ملجرام / لتر من الحديد فإنه يوجد ثلاث انواع من المعالجات يمكن عملها .

1. المعالجة الاولية بالتهوية ثم الترويب والترسيب والترشيح .
2. المعالجة الاولية بالتهوية ثم الاكسدة بالكلور أو ثانى اكسيد الكلور او الاوزون .

3. الترويب والتزعينب بإضافة 1-3 ملجرام / لتر من كبريتات الحديديك كعامل تزعينب فى حالة تركيزات الحديد القليلة

كما يمكن إزالة ايون الحديدوز والمنجنيز ثنائى التكافؤ سويا مع باقى أيونات العسر من المياه الجوفية بأستعمال الزيوليت الخاص بإزالة العسر ، وذلك مع الحذر من دخول الهواء الى المبادل الايونى حتى لا يرسب الحديد المؤكسد ويسبب الانسداد والتلف لطبقة التبادل الآيونى

وقد أصبح المألوف حاليا إزالة الحديد والمنجنيز بالتهوية مع استخدام مروب طبقة الحمأة (Sludge Blanket) من اكاسيد الحديديك والمنجنيز الرباعى التكافؤ ثم الترشيح وذلك قبل استخدام التبادل الايونى لازلة الملوحة . تقل إذابة أيون الحديد والمنجنيز عند اكسدة الحديد الى الثلاثى التكافؤ والمنجنيز الى الرباعى التكافؤ حيث يحدث ترسيب واندماج بما يسهل عملية الترشيح .

5 – التفاعل مع عوامل الاكسدة : (9/1) ، (9/2)

أ – استخدام الهواء الجوى :

التهوية تعتبر الخطوة الاولى الضرورية لإزالة الحديد والمنجنيز من المياه المعزولة عن الهواء كما فى حالة المياه الجوفية . التهوية تحقق السرعة فى امتصاص أكسجين الهواء والتخلص من ثانى اكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين. التخلص من CO_2 يعمل على رفع الرقم الهيدروجيني للمياه وهذا يساعد على التخلص من كبريتيد الهيدروجين ، التهوية تعمل على أكسدة الحديدوز وترسيب ايدروكسيد حديديك وكربونات الحديديك . التهوية فى الأبراج المفتوحة لا تزيل كل ثانى أكسيد الكربون كما أن ازالة ثانى اكسيد الكربون تقل كما زادت القلوية .

تهوية المياه المحتوية على الحديد والمنجنيز المذاب هى عملية عادية حيث بيكربونات الحديدوز المذابة فى الماء ليس لها لون بينما ايدروكسيد الحديديك له لون بني وله درجة اذابة أقل من 0.1 جزء فى المليون ويكون فى شكل جسيمات عالقة ، عملية الأكسدة بالتهوية تكون سريعة عند رقم هيدروجينى 7 فأعلى وتقل عند انخفاض الرقم الهيدروجينى .

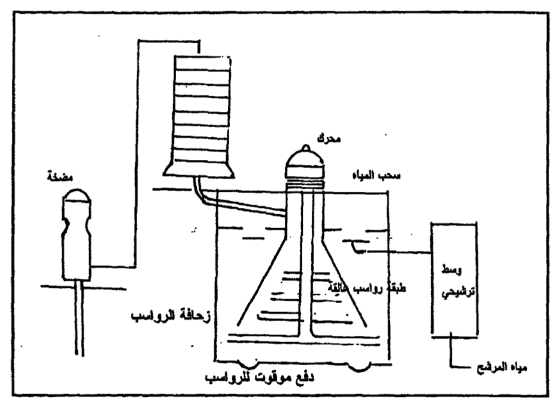
تفاعل الاكسدة لبيكربونات الحديدوز كالاتى :

$$2Fe(HCO_3 + 2\,H_2\,O + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow 2Fe(OH)_3 + 4CO_2$$

أكسدة بيكربونات المنجنيز الذى نادرا ما يوجد فى الماء تشبه اكسدة بيكربونات الحديدوز الا أن الرقم الهيدروجينى يجب أن يرتفع كما ان زمن التفاعل يكون اكبر .

لذلك فأنه عندما يكون كلا من الحديد والمنجنيز مذابا فى الماء فإنه يكون من الضرورى رفع الرقم الهيدروجينى الى (10) حيث عند رقم هيدروجينى أقل فأن الحديد يرسب والمنجنيز يظل مذاب فى الماء عند الاكسدة بالهواء الجوى. يرفع الرقم الهيدروجينى بإضافة لبن الجير او الصودا الكاوية أو الصودا أسن . لازالة الحديد فقط فأنه ليس من الضرورى إضافة قلوى لان التهوية تزيل ثانى اكسيد الكربون حيث يرتفع تبعا لذلك الرقم الهيدروجينى ، رغم هذا فأن هذه الزيادة فى الرقم الهيدروجينى قد لا تكون كافية عندئذ يلزم إضافة قلوى .

المستخدم عادة فى تصميم معدات التهوية هو جهاز التهوية الذى يعمل بضغط الهواء والالواح الخشبية أو برج التهوية المملوء بمادة تحشية (Packed Tower) شكل (9/1). اذا كان تركيز الحديد فى المياه الجوفية من 5-10 ملجرام / لتر فإن المعالجة بالتهوية يمكن أن يليها الترويب والترعينب ثم الترسيب والترشيح ، حيث بدون الترويب والترعينب فإن الحديد المؤكسد يمكن إن يتطلب من 12-24 ساعة أو اكثر ليرسب تماما بينما فى حالة الترسيب بالمروبات فإنه يتطلب 2 ساعة. فى حالة وجود المنجنيز الثنائى التكافؤ (المذاب فى الماء) فإنه يلزم الاكسدة بواحد او اكثر من المؤكسدات . بجانب إزالة المنجنيز وترسيبه بالاكسدة فأنه يزال كذلك بالادمصاص على سطح المرشح الرملى حيث تتكون طبقة من ثانى اكسيد المنجنيز على سطح المرشح الرملى .



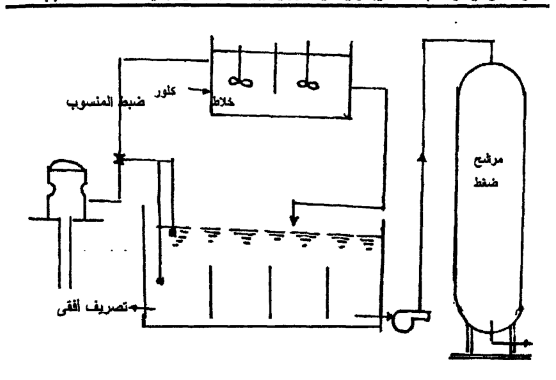
شكل (9-1) التهوية / الترسيب / الترشيح لإزالة الحديد والمنجنيز لأكثر من 10 ملجرام/لتر

ب – استخدام كيماويات الأكسدة :

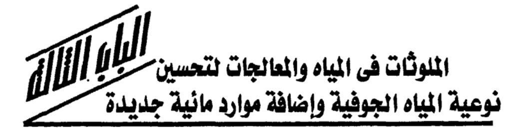
* – أستخدام الكلور :فى كثير من الحالات فإن إضافة الكلور بعد التهوية تؤكسد الحديد المذاب إلى الحديديك عند رقم هيدروجينى 7 ، وعند رقم هيدروجينى 10 يمكن للكلور أن يؤكسد المنجنيز الثنائى التكافؤ المذاب الى الرباعى التكافؤ الغير مذاب .

جـ – إستخدام برمنجنات البوتاسيوم :

برمنجنات البوتاسيوم لها استخدامات أحدهما كمؤكسد لازالة الحديد والمنجنيز والاخر كمؤكسد مع مرشح الزيوليت – المنجنيز . فمع إضافة البرمنجنات ومادة الترويب فى حوض الخلط السريع عند رقم هيدروجينى عادى (6.5 فأكثر) يعطى نتائج طيبة وذلك لسرعة تفاعل البرمنجنات مع المنجنيز عند رقم هيدروجينى 6 فأكثر ، يمكن استخدام الكلور اولا لاكسدة الحديد فى المياه ذات الرقم الهيدروجينى العادى ثم تستكمل الأكسدة بعد ذلك بأستخدام البرمنجنات . وتعتبر أضافة البرمنجنات ذات اهمية لازالة المنجنيز ، حيث يلزم تعيين الجرعات وزمن المكث طبقا للتجارب المعملية .



شكل (2-9) الكلوره/ المكث/ الترشيح لإزالة الحديد والمنجنيز



الفصل العاشر

إعذاب المياه المالحة

الفصل العاشر
أعذاب المياه المالحة

إعذاب المياه المالحة (Dasalination of saline Water)

قبل تناول تكنولوجيات اعذاب المياه فإنه يلزم التعرف على أنواع المياه طبقا لدرجة ملوحتها.

نوع المياه المالحة	تركيز الاملاح المذابه ملجرام/ لتر
مياه مالحة عالية التركيز(Brine)	اكثر من 40000
المياه المالحة (Sea Water)	من 15000 حتى 40000
مياه خمضاء (Brakish water)	من 1500 الى 15000
أقصى حدود لمياه الشرب	من 300 الى 1500
مياه العمليات الصناعية	من 30 الى 300
المياه المقطرة لتغذية الغلايات عالية الضغط	من 0.3 الى 3
مياه عالية النقاء للصناعات الاليكترونية	من 0.03 الى 0.3

طرق اعذاب المياه :

الطرق الحرارية لاعذاب المياه المالحة (مياه البحر) .

الطريقة الكهربية لاعذاب المياه الخمضاء بأستخدام الغشاء .

طرق الغشاء لازالة الملوحة المنخفضة ولاستخدامات خاصة .

1 – الطرق الحرارية لازالة الملوحة من مياه البحر : شكل (10/1)

Thermal Desalination

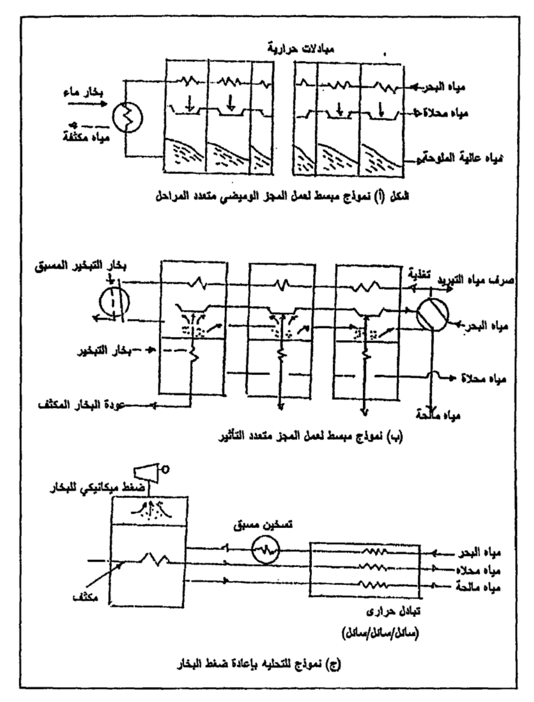
نظام الاعذاب المستخدم على نطاق واسع لتحويل المياه المالحة الى مياه صالحة للشرب والاستخدام المنزلى وبعض الاستخدامات الصناعية مثل الصناعات الغذائية وكذلك لرى الاراضى هو بالتقطير الحرارى فى هذه العملية يتم غلى الماء المالح لانتاج بخار الماء النقى وسائل متبقى به املاح مركزة يتم تكثيف بخار الماء

لانتاج بخار الماء النقى وسائل متبقى به املاح مركزة يتم تكثيف بخار الماء واستخدامه. ولتحقيق الاقتصاد فى الطاقة الحرارية يستخدم لذلك نظام التبخير متعدد التأثير (Multiple Effect Evaporator –MEE) حيث تدفع ابخرة المياه النقية المنتجة فى المرحلة الاولى الى المرحلة الثانية لغلى الماء المالح بطريقة مناسبة . وفى هذه المرحلة الثانية عندما يتكثف البخار تنطلق الطاقة الحرارية التى تكفى لتحويل المياه المالحة الى بخار ماء وبأستخدام هذه الطريقة يمكن إنتاج رطل من المياه المحلاه بواسطة وحدة طاقة (IBTU/ IIb of water) .

عند استخدام هذا النظام يجب إن يوخذ فى الاعتبار القواعد التصميمية التى تؤثر على الكفاءة ، ومنها عملية الانتقال الحرارى والتى تتوقف على مساحة الإنتقال الحرارى ومعامل الانتقال الحرارى. معامل الانتقال الحرارى يتوقف على الفرق فى درجات الحرارة بين السائل الباعث للحرارة والسائل الممتص للحرارة والشكل الهندسى ومساحة ونوع مادة الانتقال الحرارى. لذلك فعند زيادة المساحة و / أو معامل الانتقال الحرارى. يزداد معدل الانتقال الحرارى. ونظرا لآن زيادة المساحة تعنى زيادة فى حجم المعدات المستخدمة لذلك يكون الهدف هو زيادة معامل الانتقال الحرارى .

العامل الاخر هو التخلص من الملوثات فى مياه البحر والتى تؤثر على معدل الانتقال الحرارى . فمياه البحر مخلوط معقد من المواد المذابة والغازات المذابة والكائنات البحرية ، المواد الصلبة المذابه تشكل خطورة على عملية التبخير نظرا لان بعضها يرسب على سطح التبادل الحرارى مكونا رواسب قشرية (Scales) تقلل من كفاءة الانتقال الحرارى حيث تكون ترسيبات عضوية (Fouling). لذلك فإنه يلزم المعالجة المسبقة لمياه البحر فى حالة استخدامها لازالة وتحييد الاثر السلبى لهذه العوامل .

تستخدم التحلية (الاعذاب) الحرارية لتقطير المياه المالحة ذات الملوحة العالية ما بين 15000 الى 50000 جزء فى المليون .



شكل (1-10) أنواع أجهزة التحلية الحرارية

الانواع الرئيسية الثلاث لتبخير المياه المالحة ذات الملوحة ما بين 15000 الى 50000 جزء فى المليون هى :

- المبخر متعدد التأثير (Multiple Effect Evaporator)
- المبخر الوميضى متعدد المراحل (Multi stage flash Evaporator)
- المبخر بأعادة ضغط البخار (Vapour Recompression Evap)

أ – المبخر متعدد التأثير :

طريقة العمل للمبخر متعدد التأثير موضحة فى الشكل (10/1 – ب) مياه البحر يتم تسخينها بالتدريج بطريقة المعادلات الحرارية بواسطة تكثيف البخار من عدد مساو من غرف التبخر . مياه البحر التى تم تسخينها تدخل غرف التبخير الاكثر سخونة عند درجة حرارة ما بين 60-100° م عادة ، ثم تبخر جزئيا بواسطة بخار من مصدر خارجى (عادة بخار الماء من محطة توليد الطاقة الكهربية) . البخار الناتج يمر الى المؤثر الثانى، وتنخفض درجة حرارته تحت تأثير مكثف التبريد بمياه البحر بعد المؤثر الاخير. يحدث تبخير اخر فى المؤثر الثانى ما بين البخار الداخل والمياه المالحة المحرره من الضغط (Flashed Brine) ، ثم يكرر العمل فى كل من المؤثرات التالية والتى يصل عددها الى 20 أو أقل من 10 ، وذلك قبل تكثيف بخار اخر مؤثر وسحب المياه المالحة المركزة (Brine) .

طاقة الضخ اللازمة للمبخر متعدد التأثير أصغر من تلك اللازمة للمبخر الوميضى متعدد المراحل وهى عادة 2-3 كيلوات ساعة / المتر المكعب .

ب – المبخر الوميضى متعدد المراحل :.

يوضح الشكل (10/1– أ) مبادئ عمل المبخر الوميضى متعدد المراحل فى إزالة الملوحة . يتم ضخ مياه البحر (المعالجة) خلال عدد متتالى من المبادلات الحرارية حيث تتدرج حرارتها فى الارتفاع ، بتكثيف البخار الناتج فى عرف التبخير الوميضى المقابلة (Flash Chambers) الى درجة حرارة 80-110° م .

وبعد التسخين التالى الى درجة حرارة 90-120° م بواسطة مصدر بخار خارجى (البخار من محطة توليد طاقة كهربية بالطريقة الحرارية) فإن مياه البحر تتحرر من الضغط (Flashed) بالتتالى خلال عدد من المراحل حيث ينخفض ضغط البخار بالتدريج الى 10 كيلو بار يحدث غليان وتبخر جزئى فى كل مرحلة. البخار الذى يتكثف على المبادل الحرارى المقابل والذى يتجمع فى قنوات كمياه مقطر ، وهذا البخار يتم انتاجه فى كل مرحلة بالتوازى مع المياه المالحة عالية التركيز وذلك حتى

انتاج كلا من المياه المقطرة والمياه المالحة من أخر مرحلة عند درجة حرارة حوالى 40 ° م تجهز غرف التبخير الوميضى لتخفيف الضغط (Vacuum) بأستخدام باثق البخار (Steam Ejectors) للمحافظة على استمرار الانخفاض المطلوب فى الضغط خلال المبخر .

المبخر الوميضى متعدد المراحل يتطلب فى تصميمه نسبة عالية من مياه البحر لكل وحدة من المياه المقطرة والتى قد تصل الى 8 : 10. ولهذا السبب فأن طاقة الضخ المطلوب تكون كذلك عالية حيث تصل الى 3-5 كيلوات ساعة / المتر المكعب من المياه المقطرة .

جـ - مبخر إعادة ضغط البخار :

طريقة عمل مبخر إعادة ضغط البخار موضحة فى الشكل (10/1 - ج) يتم تسخين مياه البحر بالتبادل الحرارى مع المياه المقطرة والمياه المالحة المركزة للصرف وذلك فى واحد أو اكثر من المعادلات الحرارية الى درجة حرارة من 60-100° م .

ولغرض البدء فى التشغيل وللمحافظة على ظروف التشغيل العادية تجهز بعض المحطات بسخان لعمل التسخين المسبق للمياه وذلك للحصول على درجة الغليان المطلوبة فى المبخر ، وفى أبسط صوره يكون هذا السخان ذو مرحلة التأثير الواحدة او الاكثر من مرحلة (Single Effect or More). البخار الناتج من البخر يتم ضغطه اما ميكانيكيا أو بالضغط الحرارى (Thermo Compresson) وذلك قبل العودة الى تكثيف البخار في المبادل الحرارى . عملية الضغط تعمل على رفع ضغط التشبع لبخار الماء، وهذا يوجد فرق فى الحرارة مستمر بين المياه المكثفة والمياه المالحة المركزة وهذا يعمل على إستمرار عملية التبخر. البخارالمكثف (المقطر) والمياه ذات الملوحة المركزة يتم صرفهم خلال مبادلات حرارية (سائل / سائل) ولا يوجد حاجة الى مكثف منفصل .

د - المعالجة للمياه قبل وبعد التسخين :

<u>(1) معالجة المياه المالحة قبل التبخير :</u>

يلزم أزالة المواد الصلبة العالقة بأستخدام المصافى ذات الفتحات المناسبة ويمكن الاستعاضة عن ذلك " بضخ " المياه المالحة من الخزان الجوفى المتاخم للشاطئ حيث

تكون المياه خالية من المواد العالقة . كذلك يلزم مقاومة الترسيبات من أملاح العسر التى تعمل على خفض التبادل الحرارى وذلك بالمعالجة الكيماوية المناسبة للمياه فى المبخرات وكذلك ازالة الكربونات والحد من تركيزها فى المياه ذات الملوحة المركزة لتكون أقل من 6000 ملجرام / لتر.

(2) المعالجة النهائية للمياه المقطرة :

كل المياه المنتجة من عمليات التبخر تحتوى عادة على 10-50 ملجرام فى اللتر من الاملاح المذابه كما أنها منخفضة العسر ومنخفضة الرقم الهيدروجينى وهى ليست مقبولة للشرب ، وهى كذلك عدوانية على مواد الإنشاء وخاصة الخرسانية . لذلك فإنه يلزم رفع الرقم الهيدروجينى الى 7- 8 ، عسر الكالسيوم الى 100 ملجرام / لتر ككربونات الكالسيوم وكذلك توفير التهوية الكافية والمواد المذابة من كلوريد الصوديوم وكذلك التخلص من المذاق الغير مستساغ المرتبط بالمواد المقطرة. بعد ضبط العسر والرقم الهيدروجينى تتم الكلوره. وأحيانا تضاف كمية قليلة من مياه البحر المكلورة لزيادة تركيز كلوريد الصوديوم الى المستوى المفضل للاستهلاك .

2- ازالة الملوحة بتكنولوجيا الغشاء

أ- الفرز الكميائى الكهربى أوالا ليكترو ديالسيس (Electro dialysis- ED)

الفرز الكميائى الكهربى او الديلزه الكهربيه (ED) هى عمليه فصل كهرو كيميائيه، حيث تنتقل الايونات إلى أغشيه ان ايونيه وأغشيه كاتايونيه من محلول اقل تركيزا وذلك بسبب تدفق تيار مستمر . فى عمليه ED يتم تغير اتجاه حركة الايونات فى الاتجاه العكسى .

وتستخدم طرق ED ، EDR فى معالجه المياه الخمضاء (BraKish) ذات الملوحة مابين 3000 الى 15000 جزء فى المليون . وهذه النوعيه من المياه تكون عادة من المصادر الجوفية السطحية آو العميقة .

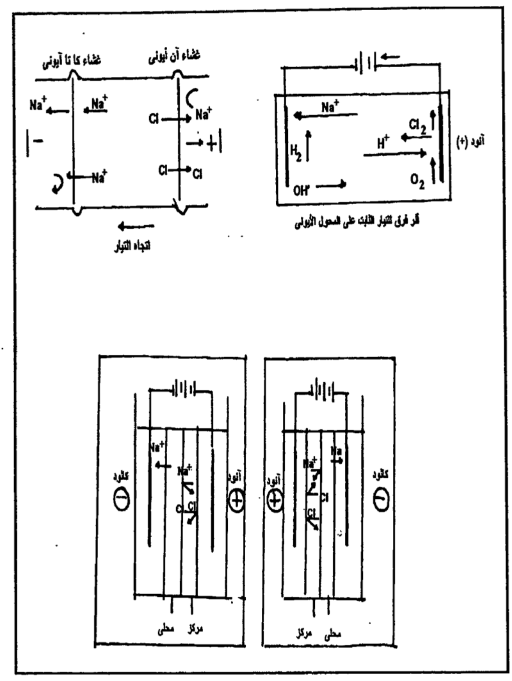
(1) . حركة الايونات :

تعتمد هذه الطريقة على معاملة معظم الأملاح الذائبة فى الماء بأنها فى شكل ايوني . تستخدم أغشية منفذه للكاتايونات (Cations) وأخرى منفذه للآن ايونات (Anions) ومصدر للتيار الكهربى المستمر موصل بقطبين على جانبى الحاويه

المحتوية على مصفوفة الأغشية بالتبادل (كاتأيونيه ثم ان ايونيه وهكذا) وعند سريان التيار المستمر خلال المحلول (المياه الخضاء) فان الايونات نتجه نحو الأقطاب الحاملة للشحنه المضادة. فايونات الصوديوم موجبه الشحنه تتحرك نحو القطب السالب، وايون الكلور (الان ايون) السالب الشحنة يتحرك نحو القطب الموجب .

يتطلب استخدام هذه الطريقه فى ازالة الملوحه وضع الاغشيه بالتبادل ، اى غشاء

تمرير الكاتايونات (ايونات الصوديوم) ، يليه غشاء لتمرير الان ايونات (ايونات الكلور). عندئذ تتكون المحاليل من المياه المحتويه على تركيزات عاليه من الكاتايونات والآن ايونات (اى محلول ملحى عالى التركيز(Brine Water) فى احد الفواصل بين الاغشيه التبادليه او الخلايا . وفى الخليه المجاوره يتكون الماء المزال ملوحته (المياه المحلاه) وهكذا. المصفوفه او المجموعة النموذجيه بها عدة مئات من ازواج الخلايا (خليه مالحة جدا وخليه محلاه) . عادة يتم تغيير شحنة الأقطاب طبقا لتوقنيات وفواصل زمنيه معينه ، اى القطب السالب يصبح موجب والقطب الموجب يصبح سالب وهذا مايسمى بالفرز العكسى او الديلزه الكهربيه العكسيه (Electrodialysis Rerersal) ويرمزله بالرمز (EDR) . وعند التشغيل تمر مياه التغذيه الخمضاء فى وقت واحد فى ممرات متوازيه عبر جميع الخلايا لتوفير تدفق مستمر من المياه المحلاه ومجرى المحلول الملحى المركز .



شكل (10-2) طريقة عمل الديلزة الكهربية والديلزة العكسية

إستهلاك الطاقة:

تمثل تكاليف الطاقة فى عمليات التحلية للمياه المالحة حوالى 40 – 60% من تكاليف التشغيل والصيانة .

ب – تكنولوجيا الغشاء بالضغط

(1) – أغشية التحلية بالتناضح العكسى (Rererse Osmosis)

حيث تستخدم انواع من الاغشية التى تسمح بمرور جزيئات المياه وتحجز جزيئات الاملاح المذابة . يستخدم فى هذه الحالة أغشية تتحمل الضغط ومنها أغشية البولى أسيتيت وأغشية البولى أميد ، قد تستخدم هذه التقنية لاعذاب المياه المالحة بطاقة محدودة ولكن استخدامها الرئيسى هو فى ازالة الملوحة من مياه الصنبور لاستخدامات أخرى مثل المكواه التى تعمل ببخار الماء حيث لا ترسب الاملاح على الاقمشة عند استخدام المكواه . كذلك فإن استخدامها الرئيسى هو فى معالجة مياه الصنبور للاستخدامات الدوائية حيث تزال الاملاح من الماء أولا يلى ذلك التقطير للمياه التى أزيلت ملوحتها بطريقة التناضح العكسى للقضاء على البيروجين .(Pyragen)

(2) – أغشية الترشيح الفائق : Ultra Filteration

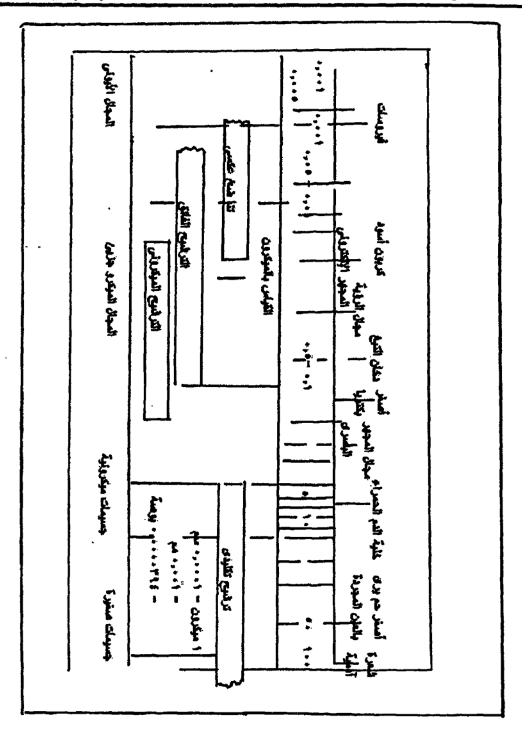
هذا النوع من الاغشية يستخدم لحجز المواد العالقة طبقا لمسامية الغشاء . وكذلك توجد انواع من أغشية الترشيح الفائق التى تحجز المواد العالقة وكذلك المواد المذابة ثنائية التكافؤ مثل أملاح العسر من الكالسيوم والمغنسيوم والحديد والمنجنيز وأملاح المعادن الثقيلة المذابة وتزيل المواد الهلامية والغروية (Colloidal) .

(3) – النانوفلتر :

وهو غشاء يعمل بضغط منخفض ويستخدم أساسا لازالة العسر ، وهو يشبه الى حد ما غشاء التناضح العكسى والترشيح الفائق .

(4) – الميكروفلتر :

يستخدم لحجز الاجسام العالقة وترويق المياه وكذلك حجز الكائنات الدقيقة على سطح الغشاء ويمرر المواد المذابة فقط والماء .شكل (10/3) مخطط مقارنة الفصل للاجسام العالقة.



شكل (3-10) مخطط مقارنة الفصل للأجسام العالقة طبقاً لحجمها

المراجع

المــــراجــــــع

1. د. رشدى سعيد نهر النيل نشأته واستخدام مياهه دفى الماضى والمستقبل – دار الهلال القاهرة .
2. د. جمال حمدان – شخصه مصر – المجلد الثانى : عالم الكتب القاهرة .
3. المنظمه العربيه للتنميه الزراعيه : استعمال المياه للاغراض الزراعية ومؤشراتها المستقليه – معهد الانماء العربى بيروت.
4. د. عز الدين المخبرو : الاطماع الصهيونيه فى مياه الاردن والليطانى : معهد البحوث والدراسات العربيه : الدراسات الخاصه – القاهرة 1977 .
5. د. كمال فريد سعد : دراسة تحليليه عن السياسات المانيه بالوطن العربى لآفاق عام 2000 – هيئة الطاقه الذرية – القاهرة 1992 .
6. د. فخر الدين دكروب : الاستغلال الامثل للموارد المانيه فى لبنان : جامعة العلوم التطبيقية عمان 1994.
7. د. محمد عبد الهادى راضى : المياه فى العالم العربى – نحن وعام 2025، الباحث العربى 1992 .
8. د. خير الدين حسيب (المشرف وريئس الفريق البحثى) مستقبل الامه العربيه – مركز دراسات الوحده العربيه بيروت 1988 .
9. مركز الدراسات السياسيه والاستراتيجية بالاهرام ، التقرير الاستراتيجى العربى 1988 – مؤسسه الاهرام – القاهرة.
10. د. هيثم كيلانى : المياه العربيه والصراع الاقليمى – دراسة مستقبليه مركز الدرسات السياسيه والاستراتيجيه مؤسسه الاهرام عام 1993.
11. ابحاث معهد الدراسات الافريقيه جامعة القاهرة عن المياه فى الشرق الاوسط.
12. ابحاث اكاديميه ناصر العسكريه العليا عن حروب المياه المستقبليه – القاهرة.

13. مراجع للمؤلف :

- إعداد المياه للشرب والاستخدام المنزلى : المكتبه الاكاديميه القاهرة 2001
- الهندسة الصحيه للقرى والنجوع : دار الكتب العلميه القاهرة 2004
- المراجع الأجنبية

14-Basic Environmental Technology : Ierry A Nathanson New – Iersey 2004

فهرس الأشكال

فهرس الأشكال

أشكال الفصل الاول

اشكال الفصل الرابع

إشكال الفصل الخامس

اشكال الفصل السادس

إشكال الفصل الثامن

أشكال الفصل التاسع

اشكال الفصل العاشر

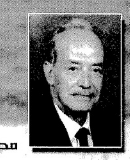
الفهرس

الفهرس

الباب الأول
الموارد المائية فى الوطن العربى

الباب الثانى
خفض الفقد من مياه العيون ومياه الأمطار والسيول باستخدام الشحن الجوفى

الباب الثالث
الملوثات فى الماء والمعالجات لتحسين نوعيتها
وإضافة موارد مائية جديدة



مهندس استشاري

محمد أحمد خليل

- عضو المجالس القومية المتخصصة
- عضو مجلس إدارة جمعية المهندسين الكيميائين
- عضو الجمعية المصرية لتآكل الفلزات وحمايتها

إذا كانت المنطقة العربية قد استطاعت أن تتفاعل مع التحديات الداخلية والخارجية لما تتمتع به المياه بمكانة مترسخة فى أعماق التاريخ والحضارات والأديان وعبر آلاف السنين فقد استطاعت المنطقة العربية أن تتكيف مع الأحوال المتقلبة للفيضانات والجفاف وما يتبعها من زيادة أو نقصان فى كمية الموارد المائية المتاحة.

إلا أنه مع نهايات القرن العشرين وبدايات القرن الحادى والعشرين بدأت تظهر مشاكل نقص وندرة المياه بطريقة واضحة فقد زاد التعداد السكانى بشكل كبير حيث زاد الاستخدام الجائز للموارد المحدودة ومع زيادة الأنشطة التنموية والصناعية

زاد التلوث للمياه السطحية والجوفية بدرجة تنذر بالخطر مما دفعنا لتناول هذا الموضوع

والله من وراء القصد

الناشر









ISBN 977-287-561-6

دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع

٥٠ شارع الشيخ ريحان - عابدين - القاهرة

☎ ٧٩٥٤٢٢٩

WWW sbheg.com

e-mail: sbh@link.net